



Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña 2005-2007



Generalitat de Catalunya
Agència Catalana
de Seguretat Alimentària

Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña 2005-2007



Esta publicación se ha elaborado a partir del estudio dirigido por los profesores Josep Lluís Domingo Roig, de la Universitat Rovira i Virgili, y Joan M. Llobet Mallafré, de la Universitat de Barcelona, fruto del convenio de colaboración 2005-2007 entre la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria y la Universitat Rovira i Virgili para la investigación de la ingesta dietética de contaminantes químicos en la población de Cataluña.

Dirección:

Eduard Mata

Autores:

Victòria Castell Garralda

Patricia Gosálbez Rafel

Isabel Timoner Alonso

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

Jesús Gómez Catalán

Joan M Llobet Mallafré

Grupo de Investigación en Toxicología. GRET-CERETOX (INSA UB)

Universitat de Barcelona / Parc Científic de Barcelona

Josep L. Domingo Roig

Roser Martí Cid

Laboratorio de Toxicología y Salud Medioambiental, TECNITOX

Universitat Rovira i Virgili Tarragona

Con la colaboración de:

Paqui Morales

Alexander Reichardt

Emilio Vicente Tascón

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

Revisión Lingüística:

Sección de planificación lingüística

Departamento de Salud

Abreviaturas

Elementos y compuestos

As	Arsénico
Cd	Cadmio
COP	Contaminantes orgánicos persistentes
HAP	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
HCB	Hexaclorobenceno
Hg	Mercurio
Pb	Plomo
PBDE	Éteres difenílicos polibromados (polybrominated diphenyl ethers)
PCB	Bifenilos policlorados (polychlorinated biphenyls)
PCB DL	Bifenilos policlorados con efecto dioxina (Dioxin-like polychlorinated biphenyls)
PCB NDL	Bifenilos policlorados sin efecto dioxina (Non-dioxin-like polychlorinated biphenyls)
PCDD	Dibenzodioxinas policloradas o dioxinas (polychlorinated dibenzodioxins)
PCDE	Éteres difenílicos policlorados (polychlorinated diphenyl ethers)
PCDF	Dibenzofuranos policlorados o furanos (polychlorinated dibenzofurans)
PCN	Naftalenos policlorados (polychlor naphthalenes)
TCDD	Tetraclorodibenzo-p-dioxina

Organismos internacionales

ATSDR	Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
EPA	Agencia Americana de Protección Medioambiental (Environmental Protection Agency)
IARC	Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer)
JECFA	Comité Mixto FAO-OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (Joint Expert Committee on Food Additives)
OMS	Organización Mundial de la Salud

Otras abreviaturas

BMDL	Benchmark dose
CQPMC	Contaminantes químicos en pescado y marisco consumido en Cataluña
LOAEL	Nivel inferior sin observación de efectos adversos
LOD	Límite de detección técnica analítica
IDA	Ingesta diaria admisible
IDPT	Ingesta diaria provisional tolerable
IDT	Ingesta diaria tolerable
IMPT	Ingesta mensual provisional tolerable
ISPT	Ingesta semanal provisional tolerable
MOE	Margen de exposición
ND	No detectado
RfD	Dosis de referencia
TEF	Factor de equivalencia tóxica
TEQ	Equivalente tóxico

Índice

Índice	5
1. Introducción	9
2. Objetivos	11
3. Material y métodos	13
3.1 Tipo de estudio	13
3.2 Selección de los contaminantes	13
3.3 Selección de los alimentos	13
3.4 Toma de muestra y preparación	14
3.5 Procedimientos analíticos	16
3.5.1 Metales	16
3.5.2 Contaminantes orgánicos	16
3.6 Grupos de población estudiados	17
3.7 Datos de consumo diario de alimentos	18
3.8 Estimación de la ingesta diaria de un contaminante	21
3.9 Estimación de resultados inferiores al límite de detección	21
3.10 Evaluación del riesgo	22
3.10.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos	22
3.10.2 Evaluación probabilística de la exposición	22
3.11 Evolución 2000 - 2005	26
4. Arsénico (As)	27
4.1 Resultados de los análisis de alimentos	27
4.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	27
4.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	28
4.4 Evaluación del riesgo	29
4.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos	29
4.4.2 Evaluación probabilística de la exposición	30
4.5 Evolución 2000 - 2005	30
4.5.1 Concentración	30
4.5.2 Ingesta	31
4.6 Otros estudios	31
5. Cadmio (Cd)	33
5.1 Resultados de los análisis de alimentos	33
5.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	33
5.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	34
5.4 Evaluación del riesgo	34
5.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos	34
5.4.2 Evaluación probabilística de la exposición	35

5.5 Evolución 2000 - 2005	36
5.5.1 Concentración	36
5.5.2 Ingesta	36
5.6 Otros estudios	37
6. Mercurio (Hg)	39
6.1 Resultados de los análisis de alimentos	39
6.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	39
6.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	40
6.4 Evaluación del riesgo	41
6.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos	41
6.4.2 Evaluación probabilística de la exposición	42
6.5 Evolución 2000 - 2005	42
6.5.1 Concentración	42
6.5.2 Ingesta	43
6.6 Otros estudios	44
7 Plomo (Pb)	45
7.1 Resultados de los análisis de alimentos	45
7.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	45
7.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	46
7.4 Evaluación del riesgo	46
7.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos	46
7.4.2 Evaluación probabilística de la exposición	47
7.5 Evolución 2000 - 2005	48
7.5.1 Concentración	48
7.5.2 Ingesta	48
7.6 Otros estudios	49
8 Dioxinas, furanos y bifenilos policlorados (PCDD/F y PCB)	51
8.1 Dioxinas y furanos (PCDD/F)	51
8.1.1 Resultados de los análisis de alimentos	51
8.1.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	52
8.1.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	53
8.1.4 Evaluación del riesgo	53
8.1.5 Evolución 2000 - 2005	55
8.1.6 Otros estudios	56
8.2 Bifenilos policlorados (PCB)	57
8.2.1 Resultados de los análisis de alimentos	57
8.2.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	59
8.2.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	60
8.2.4 Evaluación del riesgo	61

8.2.5 Evolución 2000 - 2005	63
8.2.6 Otros estudios	64
8.3 PCDD/F y PCB similares a las dioxinas (PCB DL). evaluación global	65
8.3.1 Concentraciones conjuntas	65
8.3.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	66
8.3.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	67
8.3.4 Evaluación del riesgo	67
8.3.5 Evolución 2000 - 2005	69
8.3.6 Otros estudios	71
9 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	73
9.1 Resultados de los análisis de alimentos	73
9.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	74
9.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	76
9.4 Evaluación del riesgo	76
9.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos	76
9.4.2 Evaluación probabilística de la exposición	78
9.5 Evolución 2000 - 2005	79
9.5.1 Concentración	79
9.5.2 Ingesta	80
9.6 Otros estudios	81
10 Hexaclorobenceno (HCB)	83
10.1 Resultados de los análisis de alimentos	83
10.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	83
10.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	84
10.4 Evaluación del riesgo	85
10.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos	85
10.4.2 Evaluación probabilística de la exposición	86
10.5 Evolución 2000 - 2005	86
10.5.1 Concentración	86
10.5.2 Ingesta	87
10.6 Otros estudios	88
11 Éteres difenílicos polibromados (PBDE)	89
11.1 Resultados de los análisis de alimentos	89
11.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	89
11.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	90
11.4 Evaluación del riesgo	90
11.5 Evolución 2000 - 2005	92
11.5.1 Concentración	92
11.5.2 Ingesta	92

11.6 Otros estudios	93
12 Éteres difenílicos policlorados (PCDE)	95
12.1 Resultados de los análisis de alimentos	95
12.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	95
12.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	96
12.4 Evaluación del riesgo	96
12.5 Evolución 2000 - 2005	97
12.5.1 Concentración	97
12.5.2 Ingesta	98
12.6 Otros estudios	99
13 Naftalenos policlorados (PCN)	101
13.1 Resultados de los análisis de alimentos	101
13.2 Contribución de los alimentos a la ingesta	101
13.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	102
13.4 Evaluación del riesgo	103
13.5 Evolución 2000 - 2005	104
13.5.1 Concentración	104
13.5.2 Ingesta	105
13.6 Otros estudios	105
14 Resumen y conclusiones	107
14.1 Concentración con alimentos y contribucion a la ingesta	107
14.2 Evaluación de la exposición	108
14.2.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos	109
14.2.2 Evaluación probabilística	110
14.3 Evolución 2000 - 2005	111
14.4 Conclusiones	113
15 Bibliografía	115
16 Índice de tablas y figuras	127

1 Introducción

En el año 2000 el Departamento de Salud realizó el primer estudio de dieta total que permitió estimar la ingesta de varios contaminantes químicos por parte de la población de Cataluña y evaluar el posible riesgo que su presencia en los alimentos puede suponer para la salud.

Al evaluar los resultados de ese primer estudio se detectó un grupo de alimentos que contribuye de forma significativa a la ingesta de contaminantes a través de la dieta: el pescado y el marisco. Los demás grupos de alimentos, pese a su importancia puntual en lo que a la concentración de algún contaminante se refiere, no representaban aportaciones tan sustanciales.

Dada la capacidad tóxica y carcinógena de algunos compuestos y la gran variedad de pescado y marisco que ingiere la población, se consideró importante caracterizar con mayor precisión la ingesta de contaminantes derivada de su consumo. Teniendo en cuenta estas cuestiones, la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, el Laboratorio de Toxicología y Salud Medioambiental (URV) y el Grupo de Investigación en Toxicología GRET-CERETOX (UB/PCB) se plantearon el objetivo de ampliar el conocimiento de la contribución del pescado y el marisco a la exposición dietética de la población de Cataluña. Así, en 2005 se llevó a cabo un estudio específico en el que se evaluó la ingesta de contaminantes químicos por el consumo de pescado y marisco, de los que se analizaron catorce especies entre las que más consume la población.

En lo que a los contaminantes investigados en el estudio del año 2000 se refiere, podemos distinguir dos grupos: aquéllos cuya ingesta diaria estimada se halla muy por debajo del nivel toxicológico de seguridad establecido y aquéllos, especialmente el grupo de las dioxinas, los furanos (PCDD/F) y los bifenilos policlorados similares a las dioxinas (dioxin-like compounds o PCB DL), cuya ingesta estimada se halla, en conjunto, sensiblemente más cerca de ese valor máximo.

El comportamiento de los distintos grupos de contaminantes estudiados no es homogéneo a lo largo del tiempo. Según varios estudios, la presencia de dioxinas y furanos en la dieta va disminuyendo en los países de nuestro entorno, mientras que otras moléculas como los bifenilos policlorados (PCB), los naftalenos policlorados (PCN) o los éteres difenílicos polibromados (PBDE) adquieren cada vez mayor protagonismo.

Así pues, considerando la incidencia variable que las distintas fuentes emisoras de contaminación pueden tener sobre los alimentos, resulta evidente la importancia del seguimiento de la presencia de estos contaminantes químicos en nuestra dieta.

La auténtica razón de ser de los estudios de dieta total radica en el seguimiento de la realidad cambiante. Por eso en 2005, se realizó un segundo estudio de dieta total para conocer la evolución en el tiempo de la ingesta diaria de contaminantes químicos a través de los alimentos.

Para mejorar la representatividad del estudio, se incorporó la evaluación probabilística de la exposición en la que se tienen en cuenta varios factores de variabilidad inherentes los estudios poblacionales.

La información que se obtiene del conjunto de estos estudios permite conocer la realidad y su evolución, lo que resulta útil para evaluar la importancia de cualquier nueva situación, evaluar las medidas de gestión adoptadas a lo largo de la cadena alimentaria y ayudar a priorizar las medidas de gestión.

2 Objetivos

- Conocer el nivel actual de contaminación química de los alimentos consumidos en Cataluña y calibrar, tras compararlo con el estudio anterior, las variaciones observadas.
- Conocer el nivel actual de exposición de la población catalana a los contaminantes estudiados a través de la dieta, y evaluar su variación en el tiempo.
- Comparar los niveles de exposición de la población de Cataluña con los obtenidos en estudios realizados en otros países.
- Evaluar el riesgo que representa la exposición actual comparándolo con los valores toxicológicos de seguridad establecidos.

3 Material y métodos

3.1 Tipo de estudio

El tipo de metodología a seguir viene marcada por la empleada en el primer estudio de dieta total (2000-2002). En consecuencia, también se siguen las directrices de la OMS. Por motivos de planteamiento del presente trabajo, es decir, la caracterización de la variación temporal de la ingesta de contaminantes químicos, no convenía modificar el tipo de estudio.

Así pues, en esta ocasión también se ha empleado una técnica mixta que, basándose en las características de los alimentos individuales, incorpora aspectos de los estudios de cesta de mercado y analiza muestras compuestas (composites) formadas por mezclas, homogéneas y a partes iguales, de varias muestras individuales de un mismo alimento.

3.2 Selección de los contaminantes

Para este segundo estudio de dieta total, se han seleccionado los mismos contaminantes químicos que en el primero, a saber: arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), dioxinas y furanos (PCDD/F), bifenilos policlorados (PCB), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), hexaclorobenceno (HCB), éteres difenílicos polibromados (PBDE), éteres difenílicos policlorados (PCDE) y naftalenos policlorados (PCN).

En cuanto a los congéneres de PCB analizados, además de los cinco incluidos en el estudio del 2000 se han determinado siete nuevos congéneres [81, 114, 123, 156, 157, 167 y 189] que, de acuerdo con los últimos hallazgos científicos, también presentan un comportamiento parecido al de las dioxinas (DL).

Por otra parte, como en el primer estudio, también se han medido los seis PCB no dioxin like [28, 52, 101, 138, 153 y 180], conocidos como marker PCB. Estos congéneres son indicativos de la contaminación de tipo industrial y sus características toxicológicas son distintas a las de las dioxinas. El Grupo de Expertos de Contaminantes de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria evaluó estos contaminantes el año 2005.

3.3 Selección de alimentos

La selección de alimentos se ha basado en la del estudio del año 2000, teniendo en cuenta los datos de consumo de la población obtenidos en la Encuesta sobre el estado nutricional de la población catalana y evaluación de los hábitos alimentarios 2002 - 2003 (ENCAT 2002 - 2003), a partir de la que se ha podido determinar la representatividad de la selección y mejorar la del estudio del 2000. Se ha ampliado el número de alimentos de varios grupos como el del pescado y el de la fruta y se ha considerado uno nuevo: productos de bollería. En la tabla 1 se detallan los alimentos objeto del estudio.

Tabla 1. Selección de alimentos estudiados.

Grupo	Alimentos		Grupo	Alimentos
1. Carne y derivados	ternera: filete, hamburguesa cerdo: lomo, salchicha fresca pollo: pechuga cordero: pierna/costilla jamón cocido salchichas tipo frankfurt chorizo		7. Leche	leche entera leche semidesnatada
2. Pescado	sardina atún boquerón caballa emperador salmón merluza	salmonete lenguado sepia calamar almeja mejillón gamba	8. Derivados lácteos	yogur natural queso
3. Vegetales	lechuga tomate judía verde coliflor		9. Pan y cereales	pan blanco pan de molde arroz pasta alimentaria
4. Tubérculos	Patata		10. Legumbres	lenteja alubia
5. Frutas	manzana naranja pera plátano		11. Grasas	aceite de oliva aceite de girasol margarina mantequilla
6. Huevos	huevos de gallina		12. Bollería	croissant galleta magdalena

3.4 Toma de muestra y preparación

Para aumentar la representatividad del estudio sin cambiar su estructura básica, se ha ampliado el abanico de la población estudiada de ocho localidades en el estudio anterior a doce. El conjunto se puede considerar representativo de aproximadamente un 72% de la población catalana, entendiéndose la que vive en poblaciones de más de 20.000 habitantes y de cariz claramente urbano (fuente de datos: Idescat, Instituto de Estadística de Cataluña).

Las poblaciones, agrupadas por ámbitos territoriales, son las siguientes:

Ámbito metropolitano: Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Vilanova i la Geltrú, Mataró, Sabadell y Terrassa; ámbito de las comarcas de Girona: Girona; ámbito del Campo de Tarragona: Tarragona y Reus; ámbito de las Terres de l'Ebre: Tortosa; ámbito de poniente: Lleida; ámbito de las comarcas centrales: Manresa.

Entre marzo y junio de 2006 se adquirieron las muestras individuales de cada alimento. En cada localidad de compra la muestra se distribuyó entre un mínimo de cuatro establecimientos de distinto tamaño (mercado,

tienda, supermercado pequeño, supermercado grande y gran superficie) con el fin de diversificar al máximo el origen del alimento adquirido y de que el muestreo fuera lo más representativo posible en relación con todos los tipos de compradores.

Las muestras se transportaron refrigeradas, y se formó una muestra compuesta con 24.

Para la preparación de las muestras compuestas se siguió la misma metodología del estudio anterior (directrices de la OMS):

- Limpieza y separación de las partes comestibles, crudas, de las 24 muestras individuales, con las que se prepara una muestra compuesta.
- Medición del peso de partes iguales de cada muestra individual. Cuando una muestra presentaba partes muy diferenciadas en textura, cantidad de grasa, etc. (por ejemplo, las distintas partes de las costillas de cordero), todas las partes de cada pieza individual se incorporaban a la muestra compuesta de forma equilibrada.
- Trituración y homogeneización de las muestras utilizando robots de cocina, aplicando procedimientos de limpieza de tipo analítico entre muestras para evitar la contaminación cruzada. Se mezclaron y trituraron porciones iguales en peso de las partes comestibles de carne y derivados, verduras, tubérculos, frutas, huevos (batidos), queso, cereales, legumbres, grasas (margarina y mantequilla) y bollería, hasta obtener una pasta o harina homogénea.

Las muestras de yogur y de leche se conservaron en su forma original en una cámara fría. Se formó la correspondiente muestra compuesta justo antes de remitirla al laboratorio de análisis.

Los aceites se conservaron a temperatura ambiente, resguardados de la luz, hasta el momento del análisis. Entonces se mezclaron volúmenes iguales de cada muestra unitaria, se repartieron en las alícuotas correspondientes y se procedió de la forma ya descrita.

- Formación de alícuotas en tubos de vidrio de laboratorio (metales) y frascos herméticos de plástico (orgánicos) y conservación para la congelación hasta el momento del análisis.

Como en el estudio anterior, al establecer el número de muestras compuestas por alimento, no se han tratado los distintos grupos de alimentos de la misma forma.

Los alimentos frescos (grupos del 1 al 5) presentan mucha más variación a causa de varios factores, como por ejemplo la venta mayoritaria al por menor o no envasada; de éstos se preparan cuatro muestras compuestas. Los alimentos del grupo 7 al 12 se venden mayoritariamente envasados y, en la mayoría de casos, encontramos las mismas marcas comerciales al alcance de los consumidores en todos los establecimientos del sector; de éstos se preparan dos muestras compuestas.

En total se procesaron 3.000 muestras individuales de alimentos.

3.5 Procedimientos analíticos

3.5.1 Metales

La determinación de metales se llevó a cabo en el Laboratorio de Espectroscopia de los Servicios Científico-técnicos de la Universitat de Barcelona, que forma parte de la Red de Innovación Tecnológica (XIT, por sus siglas en catalán) del CIDEM.

Aproximadamente 0,5 g de muestra compuesta se trataron con 5 ml de HNO₃ (65% Suprapur, E. Merck, Darmstadt, Alemania) en bombas de Teflon®. Se realizó una predigestión a temperatura ambiente durante 8 horas. A continuación, las bombas se calentaron a 80°C durante 8 horas más. Una vez enfriadas, se filtraron las soluciones y se enrasaron a 25 ml con agua desionizada. En estas disoluciones se determinaron el As, el Cd, el Hg y el Pb mediante un aparato de inducción de plasma acoplado con detector de masas (ICP-MS, Perkin Elmer Elan 8000). Como estándar interno, se utilizó Rodio (Rh) y la cuantificación se basó en el isótopo más abundante.

3.5.2 Contaminantes orgánicos

Los contaminantes orgánicos se analizaron en el laboratorio SGS Control-Co. GmbH de Hamburgo (Alemania) y de Amberes (Bélgica).

Se han empleado los mismos procedimientos que en el primer estudio de dieta y comprenden procesos comunes de extracción de contaminantes o clean-up, lo que contribuye a simplificar los procesos de preparación de muestras y el envío de las mismas y a homogeneizar los resultados.

El proceso de clean-up es a la vez un proceso de extracción de los productos a analizar de la matriz del alimento o muestra en cuestión y una purificación o limpieza para eliminar algunas de las muchas sustancias presentes en los alimentos y que pueden interferir en el análisis.

El método analítico para determinar PCB, HAP, HCB, PBDE, PCDE y PCN deriva del método de la Environmental Protection Agency (EPA) núm. 1625.

Resumidamente, el proceso analítico fue el siguiente:

- La extracción y el clean-up se llevaron a cabo en condiciones de poca exposición a la luz para evitar la pérdida de productos fotosensibles, por ejemplo algunos PBDE.
- Las muestras se homogeneizaron y pasaron por el proceso extractivo y de evaporación de solventes.
- Una vez divididas en las correspondientes submuestras, se fortalecieron (spiked) con los estándares apropiados marcados isotópicamente ¹³C₁₂-PCB, ¹³C₁₂-PCDE, ¹³C₁₂-PBDE, ¹³C₁₂-PCN, ¹³C₆-HCB y HAP con deuterio.

Para PCB, PCN, PCDE y PBDE, el proceso de clean-up se realizó con una cromatografía de adsorción en una columna mixed-silica y por adsorción o fraccionamiento en una columna de alúmina. Para el HCB y los HAP, el clean-up y el fraccionamiento del extracto crudo se realizaron mediante una cromatografía de exclusión de tamaño.

- Los extractos limpios se analizaron con un sistema HRGC/HRMS, utilizando aparatos Agilent GCs (HP 5890 y 6890) acoplados a un sistema Waters (Micromass) Autospec Ultima HRMS (selected ion recording resolution: 8000 (HAP) y 10000 (PCB, HCB, PCN, PCDE y PBDE).
- Los análisis se realizaron en columnas del tipo DB5 GC, no polar.
- La cuantificación se llevo a cabo empleando los estándares internos.

En cuanto a los PCDE y PBDE, dada la escasez de datos sobre su presencia en la alimentación y dado el alto número de valores no detectados en el anterior estudio, se efectuaron mediciones a la mitad de las muestras, cantidad considerada suficiente para hacer un seguimiento de su presencia en los alimentos.

El método analítico para determinar PCDD/F deriva de los métodos de la Environmental Protection Agency (EPA) núm. 1668 y 8290.

Resumidamente, el proceso analítico fue el siguiente:

- Las muestras se homogeneizaron y pasaron por el proceso extractivo y de evaporación de disolventes.
- Las muestras se fortalecieron (spiked) con los estándares apropiados marcados isotópicamente: $^{13}\text{C}_{12}$ -PCDD/F.
- El proceso de clean-up se llevó a cabo con cromatografía de adsorción con múltiples etapas y empleando columnas de sílice y alúmina.
- Los extractos limpios se analizaron con un sistema HRGC/HRMS, empleando aparatos Agilent GCs (HP 6890) acoplados a un sistema VG Autospec Ultima HRMS (selected ion recording resolution: 10000).
- Los análisis de los congéneres se llevaron a cabo en columnas del tipo DB5 GC, no polar.
- La cuantificación se realizó empleando los estándares internos.

3.6 Grupos de población estudiados

Siguiendo las directrices marcadas en el estudio de 2000-2002, y de acuerdo con las directrices de la OMS, se estudiaron los mismos grupos de edad. Del conjunto de la población, estos grupos reflejan los que se consideran individuos estándares y otros grupos de población con dietas probablemente diferentes por motivos de necesidades energéticas.

A diferencia del estudio previo, en el actual se desglosan los dos sexos en todos los grupos de edad para que se adecuen a la estructura de los datos de la Encuesta sobre el estado nutricional de la población catalana y evaluación de los hábitos alimentarios 2002 - 2003 (Encat 2002 - 2003), en la que se observan algunas diferencias de consumo de alimentos según el sexo. En cuanto a los datos de los niños y las niñas de 6 a 9 años, grupo no previsto en el estudio Encat, se utilizan los del estudio Enkid. En la tabla 2 se presentan los grupos de población estudiados y el peso corporal que se supone para cada uno de ellos.

Tabla 2. Grupos de población, intervalos de edad y peso

Grupo de población	Franja de edad (años)	Peso corporal (kg)
Hombres	20-65	70
Mujeres	20-65	55
Niñas y niños	6-9	24
Chicos adolescentes	10-9	56
Chicas adolescentes	10-9	53
Hombres mayores de 65 años	65	65
Mujeres mayores de 65 años	65	60

3.7 Datos de consumo diario de alimentos

En este estudio se han empleado los datos más recientes y completos de los que se dispone sobre la población de Cataluña y que corresponden a la Encuesta sobre el estado nutricional de la población catalana y evaluación de los hábitos alimentarios 2002 - 2003 (ENCAT 2002 - 2003). La utilización de estos datos respecto a los utilizados en el primer estudio de dieta mejora sustancialmente la representatividad del consumo de alimentos por parte de la población de Cataluña.

En comparación con los datos de consumo empleados previamente, se ha detectado una disminución del consumo de pescado. Si para el hombre estándar en 2000 se consideraba un consumo de 92 g/día, en 2003, y de acuerdo con la ENCAT 2002 - 2003, los datos indican que el consumo es de 68 g/día, lo que supone una reducción del 26%.

Los datos relativos al consumo (g/día) de los distintos alimentos y para los distintos grupos de edad considerados se presentan en las tablas 3 y 4.

En la figura 1 se representa la distribución porcentual de la ingesta diaria de alimentos en un hombre adulto.

Tabla 3. Consumo de alimentos en población infantil de entre 6 y 9 años (Enkid).

Alimentos	g/día
Carnes	134,7
Pescado	34,33
Verdura	60,20
Tubérculos	70,84
Fruta	196,6
Huevos	22,98
Leche	364,8
Lácteos	108,6
Cereales	155,9
Legumbres	22,29
Grasa	31,14

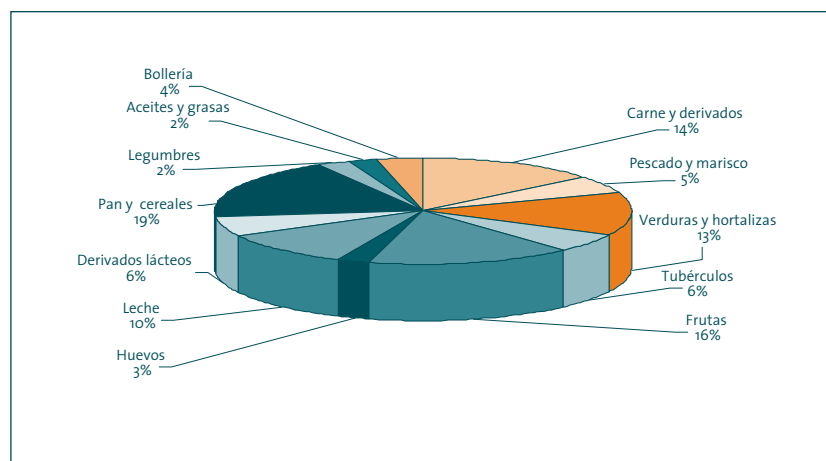
Tabla 4. Ingesta diaria de alimentos por grupos de población (ENCAT).

Alimentos	Hombres			Mujeres		
	10 -19 años	20 - 65 años	65 - 80 años	10 -19 años	20 - 65 años	65 - 80 años
Carne y derivados	188,9	171,9	109,1	143,3	122,4	102,8
Pescado y marisco	45,05	67,53	73,28	45,39	64,97	55,65
Verduras y hortalizas	91,01	159,7	176,2	99,62	182,4	162,5
Tubérculos	81,12	73,06	63,84	71,80	52,78	57,68
Frutas	110,8	193,6	327,5	119,5	204,3	269,8
Huevos	25,79	31,29	23,50	22,66	23,21	20,17
Leche	243,9	128,4	122,1	186,5	148,5	124,3
Derivados lácteos	79,21	75,62	62,80	78,62	82,13	69,91
Pan y cereales	268,0	224,3	192,2	206,3	156,0	132,1
Legumbres	31,37	30,36	33,97	20,10	25,68	28,89
Aceite y grasas	24,04	27,16	26,64	21,33	24,58	23,72
Bollería	81,68	45,45	22,63	60,97	41,20	25,97
Alimentos	1.271	1.228	1.234	1.076	1.128	1.074

En g/día

Fuente: ENCAT 2002 - 2003

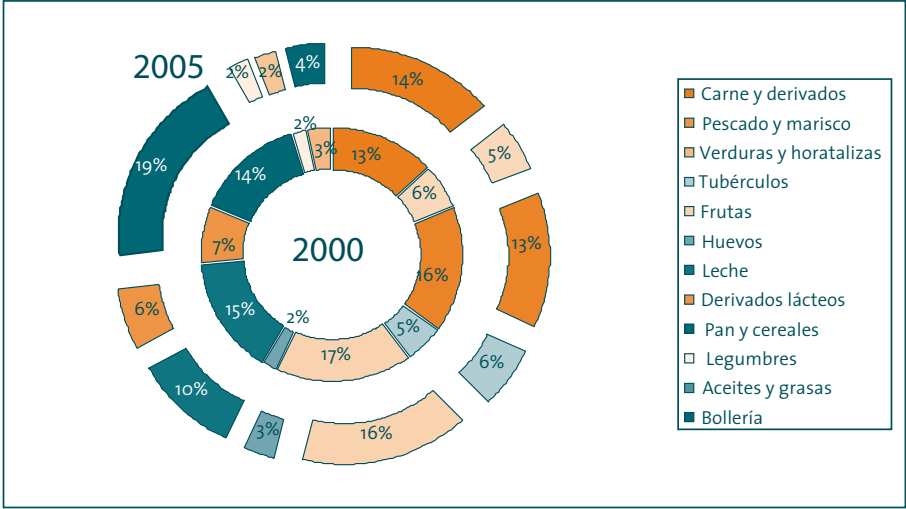
Figura 1. Distribución de la ingesta diaria de alimentos en un hombre adulto.



Font: ENCAT 2002 - 2003

En la figura 2 se representa la comparativa entre la distribución porcentual de la ingesta diaria de alimentos en un hombre adulto de los datos empleados en el estudio del 2000 y los del estudio actual (ENCAT 2002 - 2003).

Figura 2. Comparación 2000 - 2005 ingesta diaria de alimentos hombre adulto.



Cabe recordar que en todos los grupos de edad y de modo no homogéneo existe un grupo de alimentos que queda fuera del estudio. Por ejemplo, dentro del grupo de carne se trata de: tocino y costilla de cerdo curados, ventresca de cerdo a la parrilla, manitas de cerdo a la plancha, pato entero asado, pichón asado sin piel, pechuga de pavo, gallina hervida, codorniz entera, conejo crudo o estofado. Para valorar este tipo de datos, se ha calculado el porcentaje de representatividad de la selección tomando como 100% los datos de la Encat. Dichos datos se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Representatividad de la selección de alimentos. Expresada en porcentaje del total de la encuesta.

Alimentos	Hombres			Mujeres		
	10 -19 años	20 - 65 años	65 - 80 años	10 -19 años	20 -65 años	65 -80 años
Carne y derivados	88	81	79	87	83	80
Pescado y marisco	85	78	76	88	78	70
Vegetales	65	59	61	68	60	53
Tubérculos	100	100	100	100	100	100
Frutas	64	70	74	62	60	68
Huevos	98	99	97	99	99	100
Leche	98	81	63	88	74	59
Derivados lácteos	75	73	76	84	73	82
Cereales	98	96	97	97	94	91
Legumbres	66	51	63	63	56	58
Aceites y grasas	100	100	100	100	100	100
Bollería	46	42	40	45	39	42

*En el caso de los derivados lácteos, la representatividad resulta sobredimensionada al escoger un queso como representante de todos ellos.

3.8 Estimación de la ingesta diaria de un contaminante

La ingesta de un contaminante por el consumo de alimentos se puede calcular multiplicando la concentración del contaminante en cada alimento por separado por la cantidad diaria ingerida del mismo y sumando todos los productos obtenidos.

Ingesta diaria = Σ (concentración del contaminante x cantidad de alimento ingerido)

O bien, expresado por unidad de peso corporal:

Ingesta diaria = Σ (concentración del contaminante x cantidad de alimento) / peso corporal

Pese a que en el estudio actual, como se puede observar en la tabla anterior, se ha mejorado la representatividad de los alimentos considerados, no está el total. Para conseguir una estimación lo más precisa posible, se ha calculado, para cada contaminante, grupo de alimentos y grupo de edad, cuál sería la ingesta si el total considerado lo compusieran proporcionalmente los alimentos analizados.

A modo de ejemplo, para la ingesta de arsénico de un hombre adulto a través del pescado y el marisco:

Tabla 6. Estimación del total de As ingerido a través del pescado y el marisco.

	Consumo de pescado	Ingesta de As
	g/día	µg/día
Total especies analizadas	52,94	198,5
Total pescado y marisco considerado*	67,53	253,2

* Encat 2002 - 2003.

Los totales considerados para los distintos grupos de alimentos se suman para calcular el total de alimento considerado en lo que a la ingesta se refiere.

Estas aproximaciones a la realidad deben tenerse en cuenta al evaluar la ingesta diaria y realizar comparaciones entre los dos estudios y con los valores obtenidos en otras regiones o países.

3.9 Estimación de resultados inferiores al límite de detección

En cuanto a los resultados analíticos de los contaminantes que están por debajo del límite de detección de la técnica analítica (LOD), siguiendo las recomendaciones de la OMS, para el cálculo se considera un valor igual a la mitad del LOD, tal y como se hizo en estudios anteriores.

3.10 Evaluación del riesgo

3.10.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

Para caracterizar el riesgo que supone la ingesta de cada contaminante, se comparan los valores obtenidos con los niveles de seguridad establecidos o recomendados.

3.10.2 Evaluación probabilística de la exposición

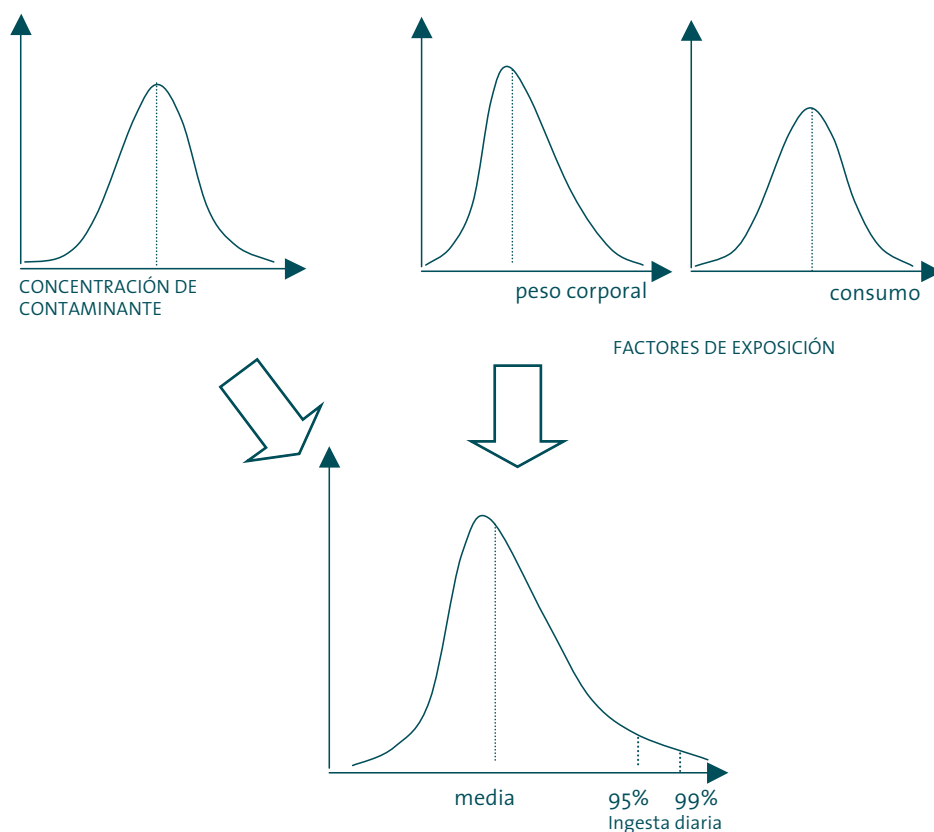
Se ha realizado una evaluación probabilística de la exposición alimentaria de la población catalana a los distintos contaminantes. Se ha aplicado una aproximación metodológica de tipo Montecarlo para obtener una estimación fiable de la variabilidad de la exposición. También se han analizado las distintas fuentes de incertidumbre y de impacto en la evaluación de la exposición mediante análisis de sensibilidad.

La evaluación de la exposición de la población a los contaminantes de la dieta requiere, fundamentalmente, dos tipos de datos, además del peso corporal: a) concentraciones de los contaminantes en un conjunto de alimentos lo más variado posible, y b) consumo diario de dichos alimentos por parte de la población. Ambos grupos de datos están afectados por la variabilidad inherente de estas magnitudes y por la incertidumbre derivada de nuestro conocimiento limitado. Las variabilidades e incertidumbres de los datos de origen implican variabilidad e incertidumbres en la estimación de la exposición diaria media de la población (figura 3).

Los datos de consumo de alimentos se obtienen mediante encuestas de hábitos alimentarios para las que se emplean varios tipos de cuestionarios. Los dos tipos de aproximaciones más frecuentes y que se han aplicado en este trabajo son: a) el cuestionario de recordatorio a corto plazo (de 24 horas, en nuestro caso), y b) el cuestionario de frecuencia y cantidad de consumo. Los primeros suelen ser más exactos y más detallados pero no dan una idea de la variabilidad poblacional. Los segundos presentan un mayor margen de error puesto que sólo permiten obtener datos por “grupos de alimentos”, pero a cambio permiten obtener una aproximación a la variabilidad poblacional. Por este motivo hemos decidido usar los datos del primer tipo de cuestionario para la evaluación determinista de la exposición y los del segundo tipo para la evaluación probabilística. Eso puede introducir diferencias en los resultados que se analizarán en términos de incertidumbre.

En el caso de la población infantil, los datos disponibles no permiten conocer la distribución de frecuencias de consumo, por lo que no se ha podido llevar a cabo una adecuada evaluación probabilística de la exposición.

La estimación probabilística de la ingesta permite obtener datos de la variabilidad poblacional de esta ingesta; además de la exposición media, podemos conocer el porcentaje de población que supera un determinado nivel de ingesta diaria.

Figura 3. Estimación de la incertidumbre.

Cualquier evaluación de la exposición alimentaria presenta múltiples fuentes y tipos de incertidumbres. La EFSA, en su opinión relativa a las incertidumbres en la evaluación dietética de la exposición (2006), recomienda realizar una estimación gradual (tiered) de las mismas.

En primer lugar, convendría identificar los principales déficits de conocimiento que pueden ser causa de incertidumbre y hacer una estimación cualitativa de cómo pueden afectar a los resultados (magnitud y dirección) de la estimación de la exposición (tier 1). Posteriormente, habría que realizar una evaluación determinista del impacto individual de las principales fuentes y tipos de incertidumbre en la evaluación de la exposición (análisis de sensibilidad; tier 2). Finalmente, se puede realizar una evaluación probabilística de la incertidumbre global considerando todos los factores para los que se haya demostrado mayor sensibilidad (tier 3). En este estudio llegaremos hasta el tier 2.

En la tabla 7 se resumen las principales incertidumbres al nivel de tier 1. Algunas no se considerarán en este análisis: ambigüedades o imprecisiones en la definición de objetivos, escenarios y modelos, o los múltiples errores posibles durante la realización del estudio. Se hará una aproximación cuantitativa a las incertidumbres introducidas por la imprecisión de los datos de consumo, de las concentraciones de contaminante y de la composición de los grupos de alimentos.

En la tabla 8 se resume el tratamiento de la variabilidad y la incertidumbre de los inputs del modelo. Las simulaciones Montecarlo se han realizado con Microsoft Excel, complementado con los add-ins SIMTOOLS (de <http://home.uchicago.edu/~rmyerson/addins.htm>). En general, se han seguido 10.000 pasos comprobando que se estabiliza el valor del percentil 99.

Tabla 7. Fuentes y tipos de incertidumbre. Efecto esperado sobre la estimación de la media y de la variabilidad poblacional.

Fuente de incertidumbre	Tipo de incertidumbre	Comentarios	Efecto sobre la exposición media	Efecto sobre la variabilidad
Objetivos de la evaluación de la exposición	Ambigüedad, imprecisión	NC		
Escenario de exposición	Ambigüedad, imprecisión	NC		
	Extrapolación	Cambios de hábitos alimentarios	+/-	--
	Factores excluidos	Alimentos no considerados Efectos del cocinado Variabilidad geográfica	+/- ++/- +/-	+/- - --
Modelo de exposición	Ambigüedad, imprecisión	NC		
	Estructura del modelo	Aproximaciones 1 a 5	+/-	+/-
	Extrapolación Factores excluidos	NC Biodisponibilidad	++	-
Inputs del modelo				
	Véase texto	Véase texto	+/-	-
	Precisión, errores encuestas	Véase texto	+++/-	+++/-
	Precisión, límites de detección, muestreo, etc.	Véase texto	++/-	--
	Precisión, errores encuestas, extrapolación	Véase texto	+++/-	---
Performance de la evaluación de la exposición	Errores varios	NC		

NC: no considerado

Para facilitar la comprensión de los resultados, a continuación se expone un caso hipotético. Suponemos que para un contaminante XX con una RfD de 2,0 µg/kg/día hemos obtenido los resultados siguientes:

Estimación determinista para un individuo estándar: 1,10 µg/kg/día.

Estimación probabilística:

Ingesta diaria relativa XX		µg/kg/día										
Grupo población	media	Variabilidad					Incertidumbre c*Q					
		SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
TOTAL	1,34	0,25	1,22	1,52	1,95	2,02	1,50	0,35	1,45	2,01	2,22	2,56

La estimación determinista indica que el individuo medio está expuesto a una dosis diaria de 1,10 µg/kg/día inferior a la RfD y, por lo tanto, se puede garantizar que no sufrirá efectos tóxicos. La estimación probabilística (primera columna) nos indica que la mayor parte de la población se halla expuesta por debajo de la RfD, pero que más del 5% (y por debajo del 10%) se encuentra por encima, puesto que el percentil 95 (2,02) es superior a la RfD por lo que no se puede garantizar la ausencia de riesgo tóxico para este sector de población.

Por otra parte, la media determinista (1,10 µg/kg/día) no coincide exactamente con la media probabilística (1,34 µg/kg/día). Esta discrepancia se puede interpretar como una medida de la incertidumbre asociada a los datos de consumo, ya que refleja fundamentalmente las diferencias entre los datos de la encuesta de 24 horas y la de frecuencias, utilizadas respectivamente en ambas aproximaciones.

Las columnas con la cabecera “Incertidumbre c*Q” indican los valores que se obtienen cuando se consideran las incertidumbres asociadas al cálculo de la concentración de contaminante en cada grupo de alimentos, y que dependen tanto de las incertidumbres de la concentración de XX en cada alimento analizando como de las incertidumbres de la composición de alimentos individuales de cada grupo. Estos valores pueden considerarse como cotas superiores razonables para la media, SD, mediana, etc.

Por lo tanto, en este caso podríamos interpretar los resultados de la siguiente forma:

La media de la población no supera la RfD; sólo la supera entre un 5% y un 10% de la población; sin embargo, teniendo en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, este porcentaje podría alcanzar un máximo razonable del 25% (percentil 75).

Tabla 8. Resumen de las aproximaciones aplicadas en la evaluación de la variabilidad y la incertidumbre de la exposición.

Variable	Variabilidad	Comentarios	Incertidumbre
BW	Distribución Media SD	Gamma ENCAT ENCAT	No No
Q _{fg}	Distribución Media SD	Gamma*binomial ENCAT cuestionarios de frecuencia ENCAT cuestionarios de frecuencia	ENCAT 24 h- recordatorio No
Bd	No	100%	No
c _f	No	Media de 2 - 4 determinaciones en muestras compuestas	Lognormal SD = SEM
(q _f / Q _{fg}) _{24h}	No	ENCAT 24 h recordatorio	Beta SD = media/2

3.11 Evolución 2000 - 2005

Se compara la exposición a los contaminantes estudiados en los dos periodos de tiempo correspondientes a ambos estudios y se evalúa la tendencia observada. No obstante, resulta difícil comparar los datos del estudio del 2000 con los actuales por varios motivos. En primer lugar, por la variación en los datos de consumo alimentario empleados en los dos estudios y, en segundo lugar, por la necesaria adecuación de la lista de alimentos estudiados, con la indispensable incorporación de nuevos alimentos (inclusión de las catorce especies de pescado y marisco de mayor consumo en Cataluña), factores que se tienen en consideración al realizar la evaluación.

4 Arsénico (AS)

4.1 Resultados de los análisis de alimentos

Las concentraciones detectadas en los alimentos analizados se presentan en la tabla 9. Sólo se han detectado cantidades significativas de As en el grupo de pescado y marisco y en las muestras de arroz. La concentración más elevada se ha encontrado en el salmonete, con 16,58 µg/g de peso fresco. Asimismo, presentan niveles destacados la gamba (6,31 µg/g de peso fresco) y el lenguado (6,09 µg/g de peso fresco). En el arroz, la concentración detectada es de 0,18 µg/g.

Para considerar la proporción de As inorgánico que se encuentra en los alimentos, y a diferencia de los estudios anteriores donde se consideraba que la fracción inorgánica (más tóxica) es el 10% del contenido en el pescado y el 100% en el resto de alimentos, ahora se asume el porcentaje recomendado por la EFSA (2009) de acuerdo con la opinión recientemente adoptada por el panel de contaminantes sobre el arsénico, es decir, el 2% para el pescado, el 3,5% para el marisco y el 70% para el resto de alimentos.

Tabla 9. Concentración de arsénico total e inorgánico en los alimentos. Valores medios.

Alimentos	As total	As inorgánico
Carne y derivados	0,005	0,003
Pescado y marisco	4,390	0,082
Verduras y hortalizas	0,006	0,004
Tubérculos	0,008	0,006
Frutas	0,009	0,006
Huevos	0,012	0,008
Leche	0,004	0,003
Derivados lácteos	0,003	0,002
Pan y cereales	0,056	0,039
Legumbres	0,003	0,002
Aceites y grasas	0,006	0,004
Bollería	0,004	0,003

En µg/g de peso fresco

4.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

Para un hombre adulto, la ingesta diaria de arsénico total se estima en 263,8 µg/día, de los que el 94% proviene de la ingesta de pescado y marisco y un 4% de los cereales.

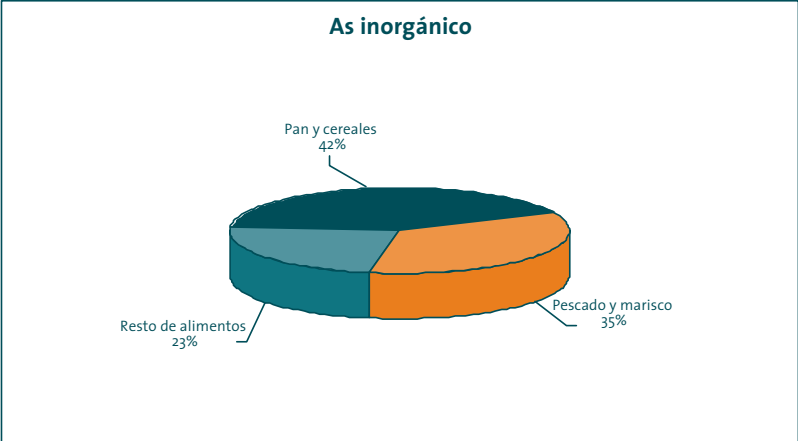
Se evalúa la ingesta de As inorgánico en 16,25 µg/día, de los que el 42% procede del pan y los cereales y el 35% del pescado y el marisco (figura 4). En cuanto a la aportación del pan y los cereales, la contribución más notable es la del arroz con 5,37 µg/día, seguido de la pasta con 1,11 µg/día. La aportación más importante de arsénico inorgánico del pescado se debe a la merluza con 1,29 µg/día, seguida de la gamba con 0,78 µg/día y el lenguado con 0,67 µg/día. Las especies que menos contribuyen a la ingesta diaria estimada de arsénico inorgánico son el emperador y la almeja, con 0,002 µg/día y 0,02 µg/día respectivamente.

En la tabla 10 se presenta un resumen de la ingesta por grupos de alimentos.

Tabla 10. Ingesta diaria estimada de arsénico total y de arsénico inorgánico. Hombre adulto, por grupos de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de As total	Ingesta de As inorgánico
	g/día	µg/día	µg/día
Carne y derivados	171,9	0,86	0,06
Pescado y marisco	67,53	248,1	5,88
Verduras y hortalizas	159,7	0,93	0,65
Tubérculos	73,06	0,58	0,41
Frutas	193,6	1,67	1,17
Huevos	31,29	0,38	0,26
Leche	128,4	0,47	0,33
Derivados lácteos	75,62	0,23	0,16
Pan y cereales	224,3	10,08	7,05
Legumbres	30,36	0,09	0,06
Aceites y grasas	27,16	0,28	0,20
Bollería	45,45	0,18	0,13
TOTAL alimentos	1228	263,8	16,25

Figura 4. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de arsénico inorgánico.



4.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 11 muestra la ingesta estimada de arsénico total y arsénico inorgánico para los distintos grupos de población, según edad y sexo.

Tabla 11. Ingesta diaria estimada de arsénico de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta de arsénico total	Ingesta de arsénico inorgánico
Hombres	263,8	16,25
Mujeres	259,3	14,27
Niños/as	141,3	14,35
Chicos adolescentes	183,9	14,71
Chicas adolescentes	184,0	13,42
Hombres mayores de 65 años	279,8	15,79
Mujeres mayores de 65 años	220,0	12,78

En µg/día

4.4 Evaluación del riesgo

4.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 12 se presenta la ingesta diaria estimada de arsénico inorgánico para el consumo de los alimentos considerados en los distintos grupos de población y expresada en función del peso corporal.

La ingesta estimada de arsénico inorgánico se halla, en todos los grupos de población, muy por debajo del nivel toxicológico de seguridad de 15 µg/kg/semana, establecido por el Comité Mixto FAO/OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (JECFA).

Recientemente (2009), el grupo de expertos en contaminantes de la cadena alimentaria, de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, ha emitido una opinión sobre arsénico en alimentos. Siendo aún objeto de controversia científica, el As inorgánico se considera probablemente genotóxico y no se duda de su carácter cancerígeno. Para el As inorgánico, la EFSA propone utilizar como referencia la dosis experimental que produce un 1% de efecto (BMDL₀₁) y que se establece en 0,3 -8 µg/kg/día.

Los datos aportados por los 15 Estados miembros han permitido a la EFSA estimar que la exposición media de los ciudadanos europeos al As inorgánico se sitúa, considerando las concentraciones mínimas y máximas, en un rango entre 0,13 y 0,56 µg/kg/día, y los valores del percentil 95% son 0,37 -1,22 µg/kg/día.

Como se puede comprobar en la tabla 12 todos los valores de ingesta calculados para los grupos de población catalana se encuentran en el mismo rango. La exposición dietética de los niños es superior a la de los adultos, debido a que durante la infancia consumen más alimentos en relación a su peso corporal. Eso no indica necesariamente un mayor riesgo porque los efectos se producen con la exposición a largo plazo y los niveles de exposición están en el rango de los valores de BMDL₀₁.

Tabla 12. Ingesta de arsénico inorgánico relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de arsénico inorgánico	
	µg/kg/día	µg/kg/semana
Grupo de población		
Hombres	0,23	1,62
Mujeres	0,26	1,82
Niños/as	0,67	4,25
Chicos adolescentes	0,26	1,84
Chicas adolescentes	0,25	1,77
Hombres mayores de 65 años	0,24	1,70
Mujeres mayores de 65 años	0,21	1,49

Los hombres adultos y los mayores de 65 años constituyen los grupos de población con la ingesta estimada de arsénico inorgánico más alta, 16,25 y 15,79 µg/día respectivamente.

La evaluación del riesgo se ha llevado a cabo siguiendo las recomendaciones de la EFSA 2009 para la exposición a este tipo de sustancias que presentan efectos genotóxicos y carcinógenos, empleando el Margen de Exposición o MOE (Margin of Exposure). El MOE es un cociente de riesgo que se calcula dividiendo la

BMDLo1 por la dosis que se quiere evaluar. Así pues, en una situación concreta es deseable un valor de MOE lo más alto posible.

4.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 13 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición al arsénico inorgánico a través de la dieta.

Tabla 13. Ingesta relativa de As inorgánico por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,22	0,07	0,21	0,26	0,31	0,34	0,27	0,08	0,26	0,32	0,38	0,42
Mujeres	0,25	0,08	0,24	0,29	0,35	0,39	0,30	0,09	0,29	0,35	0,43	0,47
Chicos adolescentes	0,27	0,11	0,26	0,33	0,41	0,47	0,33	0,13	0,31	0,39	0,49	0,57
Chicas adolescentes	0,27	0,09	0,25	0,32	0,38	0,42	0,32	0,11	0,31	0,38	0,46	0,51
Hombres > de 65 años	0,21	0,06	0,20	0,24	0,29	0,32	0,25	0,07	0,24	0,29	0,35	0,39
Mujeres > de 65 años	0,23	0,08	0,22	0,27	0,33	0,37	0,28	0,09	0,27	0,33	0,40	0,45
TOTAL	0,24	0,08	0,23	0,29	0,35	0,39	0,30	0,10	0,28	0,35	0,43	0,48

En µg/kg/día

Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas. Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, dichos valores aumentan. En ningún caso, ni al considerar la variabilidad, ni en el peor escenario razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, se observa que la exposición calculada se aproxime al nivel toxicológico de seguridad de 15 µg/kg/semana establecido por el Comité Mixto FAO-OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (JECFA). No obstante, si nos atenemos a las recomendaciones de la EFSA 2009, entre un 5 y un 25% de la población al considerar la variabilidad, o entre un 5 y un 50% si añadimos la incertidumbre, superan el límite bajo del percentil 95 de la BMDLo1, es decir, los 0,3 µg/kg/día, pese a que los valores son de magnitudes similares y se hallan en el rango de la BMDLo1 (0,3-8,0 µg/kg/día) y, por lo tanto, los correspondientes MOE son muy bajos o inexistentes.

4.5 Evolución 2000 - 2005

4.5.1 Concentración

En la tabla 14 se presenta la variación detectada en la concentración de As total en los grupos de alimentos. Se puede observar un notable incremento en las concentraciones en pescado y marisco, los alimentos de mayor transcendencia en este caso. El resto de grupos presentan variaciones de signo y magnitud dispares: aumentan las concentraciones en verduras, frutas, huevos, pan y cereales, y legumbres, y disminuyen en carne y derivados, tubérculos, leche, derivados lácteos, y aceites y grasas.

Tabla 14. Variación temporal de As total en los grupos de alimentos. 2000 - 2005.

Alimentos	2000	2005
Carne y derivados	0,020	0,005
Pescado y marisco	2,21	4,39
Verduras y hortalizas	0,002	0,006
Tubérculos	0,013	0,008
Frutas	0,002	0,009
Huevos	0,002	0,012
Leche	0,006	0,004
Derivados lácteos	0,023	0,003
Pan y cereales	0,042	0,056
Legumbres	0,002	0,003
Aceites y grasas	0,092	0,006
Bollería	-	0,004

En µg/g de peso fresco

4.5.2 Ingesta

En la tabla 15 se observa la variación en la ingesta diaria de As inorgánico entre los estudios del 2000 y del 2005. En el cómputo global, la ingesta diaria calculada resulta mucho menor a la del estudio anterior, lo que dificulta la comparación debido al cambio en el consumo de pescado y a la consideración de los distintos porcentajes de As inorgánico en el estudio actual.

Tabla 15. Evolución de la ingesta diaria de As inorgánico. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento		Ingesta de As inorgánico	
	g/día		µg/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	3,70	0,60
Pescado y marisco	92	67,53	20,33	5,88
Verduras y hortalizas	226	159,7	0,34	0,65
Tubérculos	74	73,06	0,96	0,41
Frutas	239	193,6	0,36	1,17
Huevos	34	31,29	0,51	0,26
Leche	217	128,4	1,30	0,33
Derivados lácteos	106	75,62	2,39	0,16
Pan y cereales	206	224,3	8,73	7,0 5
Legumbres	24	30,36	0,04	0,06
Aceites y grasas	41	27,16	3,76	0,20
Bollería		45,45		0,13
Total alimento considerado	1444	1228	42,42	16,25

4.6 Otros estudios

En la tabla 16 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 16. Ingesta diaria de As total. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	$\mu\text{g}/\text{día}$	Autores
Cataluña	264	El presente estudio
India (oeste de Bengala)	150	Signes, A y col., 2008
Bangladesh	150	Ohno, K y col., 2007
India	137	Uchino, T y col., 2006
India	228	Uchino, T y col., 2006
India	568	Uchino, T y col., 2006
Chile (Santiago de Chile)	77	Muñoz, O y col., 2005
Francia	62	Leblanc, JC y col., 2005
España (Huelva)	150	Bordajandi, LR y col., 2004
Francia	147	Noël, L y col., 2003
México	39 - 394	Del Razo, LM y col., 2002
EE.UU.	46	Moschandreas, DJ y col., 2002
Cataluña	225	Estudio 2000
Reino Unido	120	Ysart, GE y col., 2000
Cataluña (Tarragona)	273	Llobet, JM y col., 1998
País Vasco	291	Urieta, L y col., 1996

5 Cadmio (CD)

5.1 Resultados de los análisis de alimentos

Las concentraciones detectadas en los alimentos analizados se presentan en la tabla 17. Los niveles más altos se encuentran en las legumbres y el pescado, en concreto en la judía con 0,234 µg/g de peso fresco, la almeja con 0,143 µg/g de peso fresco y el mejillón con 0,132 µg/g de peso fresco.

Taula 17. Concentración media de cadmio en los alimentos.

Alimentos	Cd
Carne y derivados	0,023
Pescado y marisco	0,039
Verduras y hortalizas	0,007
Tubérculos	0,025
Frutas	0,005
Huevos	0,005
Leche	0,005
Derivados lácteos	0,005
Pan y cereales	0,016
Legumbres	0,120
Aceites y grasas	0,045
Bollería	0,005

En µg/g de peso fresco

5.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

La ingesta estimada de cadmio para un hombre adulto a través del consumo de alimentos es de 17,19 µg/día. Las aportaciones más significativas provienen del pan y los cereales con 4,21 µg/día y de las legumbres con 3,09 µg/día.

En la figura 5 se puede observar la contribución porcentual de los distintos grupos de alimentos a la ingesta diaria de cadmio. En la tabla 18 se presenta un resumen de los datos de ingesta por grupos de alimentos.

Figura 5. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de cadmio.

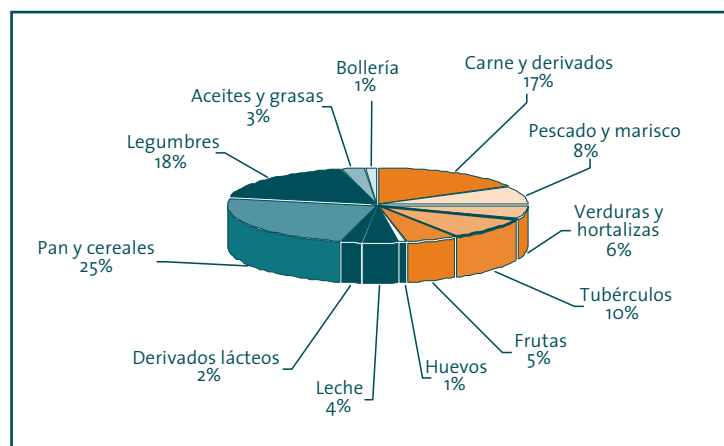


Tabla 18. Ingesta diaria estimada de cadmio. Hombre adulto, por grupos de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de Cd
	g/día	µg/día
Carne y derivados	171,9	2,92
Pescado y marisco	67,53	1,43
Verduras y hortalizas	159,7	0,98
Tubérculos	73,06	1,80
Frutas	193,6	0,94
Huevos	31,29	0,15
Leche	128,4	0,64
Derivados lácteos	75,62	0,38
Pan y cereales	224,3	4,21
Legumbres	30,36	3,09
Aceites y grasas	27,16	0,43
Bollería	45,45	0,22
TOTAL alimentos	1.228	17,19

5.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 19 muestra la ingesta estimada de cadmio para los distintos grupos de población, según edad y sexo. El grupo de población con mayor ingesta diaria estimada de cadmio es el de chicos adolescentes, seguido por el de hombres adultos.

Tabla 19. Ingesta diaria estimada de cadmio de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta de cadmio
Hombres	17,19
Mujeres	13,95
Niños y niñas	16,21
Chicos adolescentes	17,58
Chicas adolescentes	14,76
Hombres mayores de 65 años	16,44
Mujeres mayores de 65 años	14,52

En µg/día

5.4 Evaluación del riesgo

5.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 20 se muestra la ingesta diaria estimada de cadmio por consumo de alimentos en los distintos grupos de población expresada en función del peso corporal.

Tabla 20. Ingesta de cadmio relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de cadmio µg/kg/día	Ingesta de cadmio µg/kg/semana*
Hombres	0,246	1,72
Mujeres	0,254	1,78
Niños y niñas	0,675	4,73
Chicos adolescentes	0,314	2,20
Chicas adolescentes	0,279	1,95
Hombres > de 65 años	0,253	1,77
Mujeres > de 65 años	0,242	1,69

* aproximada

Todos los grupos de población realizan ingestas diarias por debajo del valor del nivel toxicológico de seguridad que el JECFA ha establecido en 7 µg/kg/semana. Si se considera el nuevo valor de seguridad establecido por la EFSA en marzo de 2009 de 2,5 µg/kg/semana, los niños y las niñas lo superan.

5.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 21 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición al cadmio a través de la dieta.

Tabla 21. Ingesta relativa de Cd por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,24	0,06	0,24	0,28	0,32	0,35	0,29	0,07	0,28	0,34	0,39	0,43
Mujeres	0,24	0,07	0,24	0,28	0,33	0,36	0,29	0,08	0,28	0,33	0,39	0,43
Chicos adolescentes	0,34	0,12	0,32	0,40	0,49	0,56	0,39	0,14	0,37	0,47	0,57	0,65
Chicas adolescentes	0,32	0,09	0,30	0,37	0,44	0,49	0,37	0,11	0,36	0,43	0,52	0,57
Hombres > de 65 años	0,23	0,06	0,22	0,26	0,30	0,33	0,26	0,06	0,25	0,30	0,35	0,38
Mujeres > de 65 años	0,25	0,07	0,24	0,29	0,34	0,38	0,28	0,08	0,26	0,32	0,39	0,43
TOTAL	0,26	0,08	0,25	0,31	0,37	0,41	0,30	0,09	0,29	0,35	0,42	0,47

En µg/kg/día

Se puede observar una coincidencia entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas (tabla 21). Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, dichos valores aumentan. En ningún caso, aún considerando la variabilidad, ni en el peor escenario razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, se observa que la exposición calculada supere el nivel toxicológico de seguridad de 7 µg/kg/semana establecido por el Comité Mixto FAO-OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (JECFA). En cambio, como ocurre en la mayoría de países de nuestro entorno, una parte de la población (entre el 5 y el 50%) sobrepasa ligeramente el nuevo nivel de 2,5 µg/kg/semana si se tienen en cuenta la variabilidad y la incertidumbre. El percentil 95 (alto) de la población ingiere entre 0,43-0,65 µg/kg/día de cadmio, es decir, 3,01- 4,55 µg/kg/semana, según el grupo considerado.

5.5 Evolución 2000 - 2005

5.5.1 Concentración

En la tabla 22 se puede observar la variación detectada en la concentración de Cd en los grupos de alimentos.

Tabla 22. Variación temporal de Cd en los grupos de alimentos. 2000 - 2005.

Alimentos	2000	2005
Carne y derivados	0,006	0,023
Pescado y marisco	0,036	0,039
Verduras y hortalizas	0,005	0,007
Tubérculos	0,020	0,025
Frutas	0,001	0,005
Huevos	0,008	0,005
Leche	0,002	0,005
Derivados lácteos	0,006	0,005
Pan y cereales	0,033	0,016
Legumbres	0,0005	0,120
Aceites y grasas	0,0008	0,045
Bollería		0,005

En µg/g de peso fresco

Resulta complejo extraer una conclusión indiscutible sobre la tendencia general. Sin embargo, las variaciones son de magnitud muy diferente y de signos opuestos: se incrementan las concentraciones en carne y derivados, pescado y marisco, verduras, tubérculos, frutas, leche, aceites y grasas y especialmente legumbres, y disminuyen en huevos, derivados lácteos, y pan y cereales.

5.5.2 Ingesta

En la tabla 23 se observa la variación en la ingesta diaria de cadmio entre los estudios de 2000 y 2005. En el cómputo global, la ingesta no varía sustancialmente (9%).

Tabla 23. Variaciones en la ingesta diaria de cadmio. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento		Ingesta de Cd	
	g/día		µg/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	1,11	2,92
Pescado y marisco	92	67,53	3,33	1,43
Verduras y hortalizas	226	159,7	1,13	0,98
Tubérculos	74	73,06	1,47	1,80
Frutas	239	193,6	0,22	0,94
Huevos	34	31,29	0,27	0,15
Leche	217	128,4	0,43	0,64
Derivados lácteos	106	75,62	0,64	0,38
Pan y cereales	206	224,3	6,80	4,21
Legumbres	24	30,36	0,01	3,09
Aceites y grasas	41	27,16	0,33	0,43
Bollería		45,45		0,22
Total alimentos considerado	1.444	1.228	15,74	17,19

5.6 Otros estudios

En la tabla 24 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 24. Ingesta diaria de Cd. Comparativa con otros estudios de ingesta.

España	7,7	Bordajandi, LR y col., 2004
Brasil (Río de Janeiro)	1,8	Santos, EE y col., 2004
Francia	3,6	Noël, L y col., 2003
EE.UU.	7,21	Moschandreas, DJ y col., 2002
Cataluña	15,8	Estudio 2000
Reino Unido	12	Ysart, GE y col., 2000
Cataluña (Tarragona)	18	Llobet, JM y col., 1998
País Vasco	11	Urieta, L y col., 1996
Polonia	16,4 - 34,5	Marzec, Z y col., 2004

6 Mercurio (HG)

6.1 Resultados de los análisis de alimentos

Las concentraciones detectadas en los distintos alimentos analizados se presentan en la tabla 25.

Sólo se encuentran valores considerables, por encima del límite de detección, en el grupo de pescado y marisco. Las cantidades más elevadas se han detectado en el emperador, con un valor medio de 1,93 µg/g de peso fresco. Asimismo, el atún presenta un valor destacado con 0,48 µg/g de peso fresco. La sepia, la almeja y el mejillón presentan los valores más bajos.

Tabla 25. Concentración de mercurio total en los alimentos.

Carne y derivados	0,005
Pescado y marisco	0,247
Verduras y hortalizas	0,004
Tubérculos	0,004
Frutas	0,008
Huevos	0,009
Leche	0,004
Derivados lácteos	0,004
Pan y cereales	0,004
Legumbres	0,022
Aceites y grasas	0,004
Bollería	0,004

En µg/g de peso fresco

6.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

La tabla 26 presenta la ingesta diaria estimada de mercurio y metilmercurio (MeHg) para un hombre adulto.

La ingesta estimada de mercurio a través de la dieta es de 18,58 µg/día. Si se considera que exclusivamente el 90% del mercurio presente en el pescado lo está en forma de metilmercurio, la ingesta estimada del hombre estándar es de 11,35 µg de MeHg/día.

El atún y la merluza, con 4,91 µg/día y 2,94 µg/día respectivamente, son los que más contribuyen a la ingesta. Pese a que el emperador es el alimento estudiado que mayor concentración de mercurio presenta, su consumo es bajo (0,06 g/día), por lo que no supone una contribución global significativa.

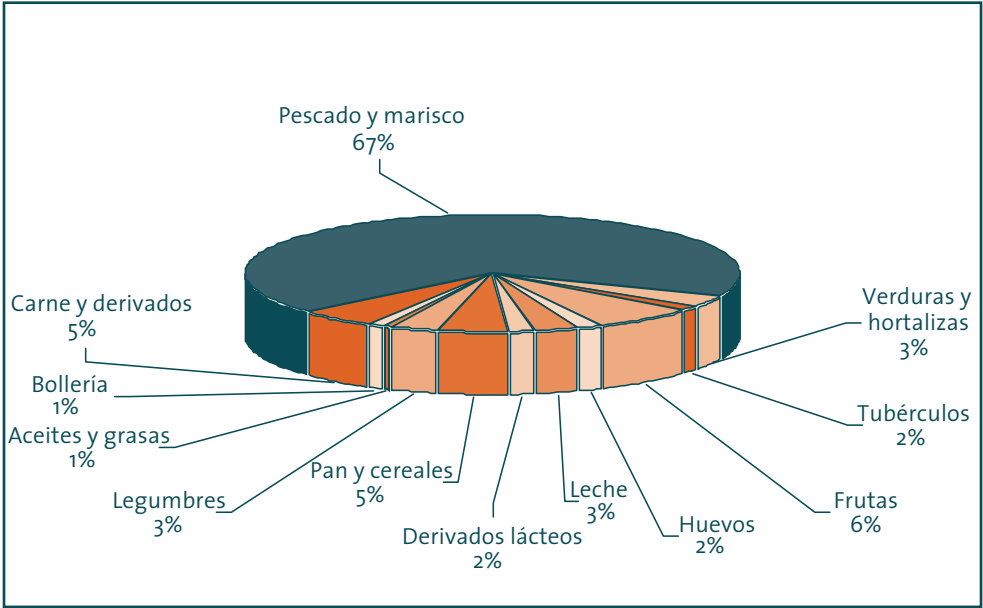
Tomando el 100% del consumo de pescado y marisco como única fuente considerable de mercurio, el pescado azul contribuye en un 58% a la ingesta, principalmente por el consumo de atún. El pescado blanco representa el 35%, con la merluza como principal componente; aunque la concentración en la merluza no es muy elevada (0,19 µg/g), su consumo es importante (15,8 g/día), por lo que su contribución es determinante en este tipo de pescado. Los crustáceos y el marisco suponen el 7% de la ingesta.

En la figura 6 se presenta la contribución relativa en todos los grupos de alimentos.

Tabla 26. Ingesta diaria estimada de mercurio total y metilmercurio. Hombre adulto, por grupos de alimentos

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de Hg total	Ingesta de MeHg
	g/día	µg/día	µg/día
Carne y derivados	171,9	0,95	
Pescado y marisco	67,53	12,61	11,35
Verduras y hortalizas	159,7	0,61	
Tubérculos	73,06	0,29	
Frutas	193,6	1,25	
Huevos	31,29	0,28	
Leche	128,4	0,51	
Derivados lácteos	75,62	0,30	
Pan y cereales	224,3	0,90	
Legumbres	30,36	0,58	
Aceites y grasas	27,16	0,11	
Bollería	45,45	0,18	
TOTAL alimentos	1.228	18,58	11,35

Figura 6. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de mercurio total.



6.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 27 muestra la ingesta estimada de mercurio para los distintos grupos de población, según edad y sexo. El hombre es el grupo de población que ingiere mayor cantidad diaria de mercurio, 18,58 µg/día.

Tabla 27. Ingesta diaria estimada de mercurio y metilmercurio de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta diaria de mercurio total	Ingesta diaria de metilmercurio
Hombres	18,58	11,35
Mujeres	16,60	10,29
Niños y niñas	13,30	6,26
Chicos adolescentes	14,18	7,31
Chicas adolescentes	15,19	9,01
Hombres mayores de 65 años	16,58	10,16
Mujeres mayores de 65 años	13,11	7,70

En µg/día

6.4 Evaluación del riesgo

6.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 28 se muestra la ingesta estimada de mercurio total y metilmercurio en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal.

Así, el hombre adulto, con una ingesta de 1,86 µg/kg/semana, derivada mayoritariamente del consumo de pescado (1,26 µg/kg/semana), está claramente por debajo del nivel toxicológico de seguridad establecido por el JECFA de 5 µg/kg/semana. La ingesta estimada de mercurio más alta corresponde a los niños y niñas con 3,88 µg/kg/semana.

Tabla 28. Ingesta de mercurio total y metilmercurio relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de mercurio total	Ingesta semanal de mercurio total	Ingesta diaria de metilmercurio	Ingesta semanal de metilmercurio
Hombres	0,27	1,86	0,16	1,14
Mujeres	0,30	2,11	0,19	1,31
Niños y niñas	0,55	3,88	0,26	1,83
Chicos adolescentes	0,25	1,77	0,13	0,91
Chicas adolescentes	0,25	2,01	0,17	1,19
Hombres > de 65 años	0,26	1,79	0,16	1,09
Mujeres > de 65 años	0,22	1,53	0,13	0,90

En µg/kg/día y µg/kg/semana

En cuanto a la ingesta de metilmercurio, su valor tolerable se establece en 1,6 µg/kg/semana; los niños y niñas lo superan al ingerir 1,83 µg/kg/semana (1,31 en el estudio de 2000), y las mujeres se aproximan al mismo con 1,31 µg/kg/semana. Cabe tener en cuenta la inclusión de un gran número de especies en el presente estudio, entre las que se encuentran grandes especies depredadoras, conocidas por su gran capacidad de acumular este metal en los tejidos.

Asimismo, cabe mencionar que la FAO/OMS redujo la ingesta semanal provisional tolerable para el metilmercurio de 3,3 a 1,6 µg/kg/semana por considerar que 1,6 es el límite recomendable para proteger el feto en el caso de las mujeres embarazadas. Así, pese a que la cifra que se debe aplicar en la población general podría ser 3,3, para

mayor seguridad, se recomienda considerar 1,6 para toda la población (adultos, niños y niñas y mujeres embarazadas). Los conceptos antes mencionados deben ponerse en su contexto; según los datos de consumo del estudio Enkid, se considera nula la ingesta de emperador en niños y niñas, y en los datos estimados para adultos consideramos una ingesta de 0,06 g/día. Este último dato correspondería a una ración cada 357 semanas.

Así pues, resulta evidente que a nivel poblacional el mercurio que contiene el emperador no representa ningún problema, pero individualmente, sobre todo en lo que se refiere a dietas sesgadas de la media, no se debería sobrepasar los máximos mencionados.

6.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 29 se presentan los datos de la evaluación probabilística de la exposición al mercurio total a través de la dieta.

Tabla 29. Ingesta relativa de mercurio total por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						In certidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,25	0,11	0,23	0,30	0,39	0,44	0,28	0,12	0,26	0,35	0,44	0,51
Mujeres	0,28	0,12	0,27	0,34	0,43	0,49	0,33	0,13	0,31	0,40	0,51	0,57
Chicos adolescentes	0,28	0,14	0,25	0,34	0,45	0,54	0,33	0,17	0,30	0,40	0,54	0,64
Chicas adolescentes	0,31	0,14	0,29	0,38	0,50	0,57	0,37	0,17	0,34	0,46	0,59	0,68
Hombres > de 65 años	0,24	0,09	0,22	0,29	0,35	0,40	0,28	0,11	0,27	0,34	0,42	0,48
Mujeres >de 65 años	0,24	0,10	0,22	0,29	0,37	0,42	0,28	0,12	0,26	0,35	0,44	0,51
TOTAL	0,28	0,12	0,25	0,34	0,43	0,50	0,33	0,14	0,30	0,40	0,51	0,60

En µg/kg/día

Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas. Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, dichos valores aumentan. En ningún caso, ni cuando se considera la variabilidad, ni en el peor escenario razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, se observa que la exposición calculada supere el nivel toxicológico de seguridad de 5 µg/kg/semana establecido por el Comité Mixto FAO-OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (JECFA). El percentil 95 (alto) de la población realiza una ingesta de mercurio entre 0,51-0,68 µg/kg/día, es decir 3,57-4,47 µg/kg/semana, según el grupo considerado.

6.5 Evolución 2000 - 2005

6.5.1 Concentración

La variación en la concentración de mercurio en los grupos de alimentos se muestra en la tabla 30. Se observa un incremento en la concentración en pescado y marisco, el alimento que más aporta a la dieta. Se deben

tener en cuenta las diferencias entre los dos estudios en lo que se refiere al número de especies de pescado y la inclusión de depredadores. Asimismo, se observa un incremento en verduras, frutas y legumbres; es detectan incrementos no tan importantes en tubérculos, huevos y leche, y se aprecia una disminución de los valores en carne y derivados, derivados lácteos, pan y cereales, y aceites y grasas.

Tabla 30. Variación temporal de Hg total en los grupos de alimentos. 2000 - 2005.

Alimentos	2000	2005
Carne y derivados	0,012	0,005
Pescado y marisco	0,097	0,247
Verduras y hortalizas	0,0005	0,004
Tubérculos	0,003	0,004
Frutas	0,0005	0,008
Huevos	0,008	0,009
Leche	0,003	0,004
Derivados lácteos	0,012	0,004
Pan y cereales	0,030	0,004
Legumbres	0,0005	0,022
Aceites y grasas	0,030	0,004
Bollería	-	0,004

En µg/g de peso fresco

6.5.2 Ingesta

La ingesta total de mercurio estimada, en la tabla 31, para un individuo estándar en Cataluña es de 18,58 µg/día. Este valor es ligeramente inferior a la ingesta estimada en 2000, que fue de 21,21 µg/día. En cuanto a la ingesta de metilmercurio, considerando que ésta proviene exclusivamente del pescado, se contempla un aumento del 41% respecto al valor considerado para el estudio del 2000, dato que se correlaciona con el incremento de concentración observado.

Tabla 31. Variaciones en la ingesta diaria de mercurio total y metilmercurio. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento		Ingesta de Hg total		Ingesta de MeHg	
	g/día		µg/día		µg/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	2,28	0,95		
Pescado y marisco	92	67,53	8,92	12,61	8,03	11,35
Verduras y hortalizas	226	159,7	0,11	0,61		
Tubérculos	74	73,06	0,22	0,29		
Frutas	239	193,6	0,12	1,25		
Huevos	34	31,29	0,22	0,28		
Leche	217	128,4	0,65	0,51		
Derivados lácteos	106	75,62	1,27	0,30		
Pan y cereales	206	224,3	6,18	0,90		
Legumbres	24	30,36	0,01	0,58		
Aceites y grasas	41	27,16	1,23	0,11		
Bollería		45,45		0,18		
Total alimentos considerado	1444	1228	21,21	18,58	8,03	11,35

6.6 Otros estudios

En la tabla 32 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 32. Ingesta diaria de mercurio total. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	Hg total	Autores
Cataluña	18,58	El presente estudio
China	2,1	Zheng, N y col., 2007
Corea	1,6	Lee, H y col., 2006
Francia	9,7	Leblanc, JC y col., 2005
Chile (Santiago de Chile)	5	Muñoz, O y col., 2005
Polonia	6,7	Marzec, Z y col., 2004
España	9,8	Bordajandi, LR y col., 2004
Francia	9	Noël, L y col., 2003
Cataluña	21,21	Estudio 2000
Reino Unido	31	Ysart, GE y col., 1999
País Basc	18	Urieta, L y col., 1996

En µg/día

7 Plomo (PB)

7.1 Resultados de los análisis de alimentos

Las concentraciones detectadas en los distintos alimentos analizados se presentan en la tabla 33.

Tabla 33. Concentración de Pb en los alimentos. Valores medios.

Alimentos	Pb
Carne y derivados	0,024
Pescado y marisco	0,042
Verduras y hortalizas	0,013
Tubérculos	0,013
Frutas	0,013
Huevos	0,013
Leche	0,024
Derivados lácteos	0,013
Pan y cereales	0,013
Legumbres	0,028
Aceites y grasas	0,083
Bollería	0,013

En µg/g de peso fresco

Los niveles más altos los encontramos en el grupo de aceites y grasas con 0,083 µg/g de peso y el de pescado y marisco con 0,042 µg/g de peso fresco. En particular, cabe destacar los valores encontrados para el aceite de girasol (0,29 µg/g), el salmón (0,10 µg/g de peso fresco) y el mejillón (0,16 µg/g de peso fresco).

7.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

Para el hombre adulto, la ingesta de plomo a través del consumo de alimento es de 20,63 µg/día. La aportación por tipo de alimento se indica en la figura 7 en forma de porcentajes. En la tabla 34 se presentan estos datos resumidos por grupos.

Figura 7. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de plomo.

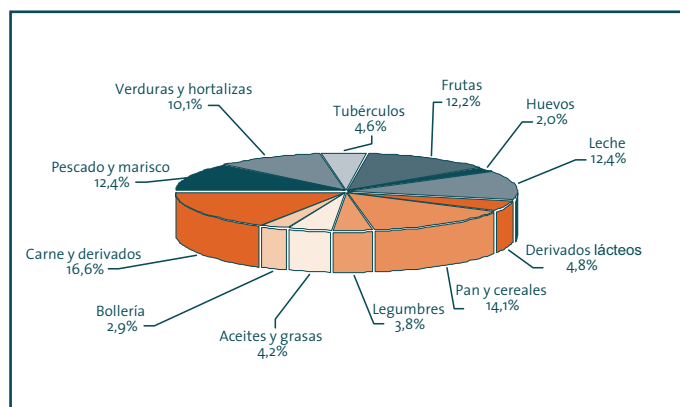


Tabla 34. Ingesta diaria estimada de plomo. Hombre adulto, por grupos de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de Plomo
	g/día	µg/día
Carne y derivados	171,9	3,43
Pescado y marisco	67,53	2,55
Verduras y hortalizas	159,7	2,08
Tubérculos	73,06	0,95
Frutas	193,6	2,52
Huevos	31,29	0,41
Leche	128,4	2,56
Derivados lácteos	75,62	0,98
Pan y cereales	224,3	2,92
Legumbres	30,36	0,78
Aceites y grasas	27,16	0,87
Bollería	45,45	0,59
TOTAL alimentos	1.228	20,63

7.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 35 muestra la ingesta estimada de plomo para los distintos grupos de población, según edad y sexo.

Tabla 35. Ingesta diaria estimada de plomo de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta de plomo
Hombres	20,63
Mujeres	19,85
Niños y niñas	25,37
Chicos adolescentes	20,63
Chicas adolescentes	18,15
Hombres mayores de 65 años	21,45
Mujer es mayores de 65 años	19,52

En µg/día

La ingesta estimada de plomo más alta corresponde al grupo de los niños y niñas con 25,37 µg/día.

7.4 Evaluación del riesgo

7.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 36 se presenta la ingesta diaria estimada de plomo para el consumo de alimentos en los diferentes grupos de población expresada en función del peso corporal.

Tabla 36. Ingesta de plomo relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de plomo	Ingesta de plomo
	µg/kg/día	µg/kg/semana*
Hombres	0,29	2,06
Mujeres	0,36	2,53
Niños y niñas	1,05	7,40
Chicos adolescentes	0,37	2,58
Chicas adolescentes	0,34	2,40
Hombres mayores de 65 años	0,33	2,31
Mujeres mayores de 65 años	0,33	2,28

*aproximada

Todos los grupos de población estudiados presentan ingestas diarias muy por debajo del nivel toxicológico de seguridad, de 25 µg/kg/semana, que establece el JECFA.

7.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 37 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición al plomo a través de la dieta.

Tabla 37. Ingesta relativa de plomo por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,36	0,10	0,35	0,42	0,49	0,54	0,43	0,12	0,42	0,50	0,59	0,65
Mujeres	0,38	0,11	0,36	0,44	0,52	0,59	0,45	0,13	0,44	0,53	0,63	0,70
Chicos adolescentes	0,49	0,18	0,46	0,58	0,72	0,81	0,59	0,22	0,55	0,70	0,87	0,98
Chicas adolescentes	0,46	0,14	0,44	0,54	0,65	0,72	0,56	0,17	0,54	0,65	0,78	0,87
Hombres >de 65 anys	0,37	0,10	0,35	0,42	0,50	0,55	0,44	0,12	0,43	0,51	0,61	0,67
Mujeres >de 65 anys	0,39	0,12	0,38	0,46	0,55	0,61	0,48	0,15	0,46	0,56	0,67	0,74
TOTAL	0,41	0,14	0,39	0,49	0,59	0,65	0,49	0,16	0,46	0,57	0,69	0,77

En µg/kg/día

Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas, si bien los valores son algo más altos en el cálculo probabilístico. Esta diferencia, como se ha comentado en el capítulo de material y métodos, se debe probablemente a que es necesario utilizar encuestas diferentes para los cálculos deterministas y probabilísticos. Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, dichos valores aumentan. En ningún caso, ni al considerar la variabilidad, ni en el peor escenario

razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, se observa que la exposición calculada supere el nivel toxicológico de seguridad de 25 µg/kg/semana establecido por el Comité Mixto FAO-OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (JECFA). El percentil 95 (alto) de la población realiza una ingesta de plomo de entre 0,65 y 0,98 µg/kg/día, es decir 4,55 - 6,86 µg/kg/semana según el grupo considerado.

7.5 Evolución 2000 - 2005

7.5.1 Concentración

En la tabla 38 se muestra la variación temporal de los niveles de concentración media de plomo en los diferentes grupos de alimentos. Se puede observar una disminución de la concentración en pescado, verduras, tubérculos, huevos, derivados lácteos y pan y cereales. En cambio, se observan incrementos en leche, legumbres y aceites y grasas.

Tabla 38. Variación temporal de plomo en los grupos de alimentos. 2000 - 2005.

Alimentos	2000	2005
Carne y derivados	0,024	0,024
Pescado y marisco	0,051	0,042
Verduras	0,016	0,013
Tubérculos	0,026	0,013
Frutas	0,013	0,013
Huevos	0,015	0,013
Leche	0,006	0,024
Derivados lácteos	0,023	0,013
Pan y cereales	0,024	0,013
Legumbres	0,008	0,028
Aceites y grasas	0,030	0,083
Bollería		0,013

En µg/g de peso fresco

7.5.2 Ingesta

En la tabla 39 se puede observar la variación en la ingesta diaria de Pb entre los estudios de 2000 y 2005. El cómputo global de la dieta para un hombre adulto pasa de 27,52 µg/día a 20,63 µg/día, lo que representa un descenso moderado.

Tabla 39. Variaciones en la ingesta diaria de Pb. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento		Ingesta de Pb	
	g/día		µg/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	4,50	3,43
Pescado y marisco	92	67,53	4,71	2,55
Verduras y hortalizas	226	159,7	3,68	2,08
Tubérculos	74	73,06	1,92	0,95
Frutas	239	193,6	3,01	2,52
Huevos	34	31,29	0,51	0,41
Leche	217	128,4	1,30	2,56
Derivados lácteos	106	75,62	2,39	0,98
Pan y cereales	206	224,3	4,99	2,92
Legumbres	24	30,36	0,18	0,78
Aceites y grasas	41	27,16	0,33	0,87
Bollería		45,45		0,59
Total alimentos considerado	1.444	1.228	27,52	20,63

7.6 Otros estudios

En la tabla 40 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 40. Ingesta diaria de Pb. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	µg/día	Autores
Cataluña	21	El presente estudio
China	81	Zheng, N y col., 2007
Japón	7	Aung, NN y col., 2006
Egipto	21	Radwan, MA y col., 2006
Corea	24	Lee, H y col., 2006
India	114	Sharma, M y col., 2005
Chile (Santiago de Chile)	206	Muñoz, y col., 2005
Francia	18	Leblanc, JC y col., 2005
Polonia	106	Marzec, Z y col., 2004
España	27	Bordajandi, LR y col., 2004
Brasil (Río de Janeiro)	28	Santos, EE y col., 2004
Alemania	18	Wilhelm, M y col., 2003
Francia	34	Noël, L y col., 2003
EE.UU.	71	Moschandreas, DJ y col., 2002
Cataluña	28	Estudi 2000
Reino Unido	26	Ysart, GE i col. ·l., 2000
Cataluña (Tarragona)	49	Llobet, JM i col. ·l., 1998
País Vasco	43	Urieta, L i col. ·l., 1996

8 Dioxinas, furanos y bifenilos policlorados (PCDD/F y PCB)

8.1 Dioxinas y furanos (PCDD/F)

8.1.1 Resultados de los análisis de alimentos

Para llevar a cabo los cálculos de los valores correspondientes a los equivalentes tóxicos en TCDD (OMS-TEQ), se han utilizado los factores de equivalencia tóxica modificados por la OMS en 2005 (tabla 41).

Tabla 41. Factores de equivalencia tóxica (TEF). OMS 2005.

Congénere	TEF 2005
2,3,7,8 - TCDD	1
1,2,3,7,8 - PeCDD	1
1,2,3,4,7,8 - HxCDD	0,1
1,2,3,6,7,8 - HxCDD	0,1
1,2,3,7,8,9 - HxCDD	0,1
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDD	0,01
OCDD	0,0003
2,3,7,8 - TCDF	0,1
1,2,3,7,8 - PeCDF	0,03
2,3,4,7,8 - PeCDF	0,3
1,2,3,4,7,8 - HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8 - HxCDF	0,1
1,2,3,7,8,9 - HxCDF	0,1
2,3,4,6,7,8 - HxCDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF	0,01
1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF	0,01
OCDF	0,0003

En la tabla 42 se presentan las concentraciones de los congénere de las dioxinas y los furanos analizados por grupos de alimento, así como los correspondientes valores en equivalentes tóxicos.

Los valores medios más altos se han encontrado en las muestras de aceites y grasas (0,223 ng OMS-TEQ/kg de peso fresco) y en las de pescado y marisco (0,131 ng OMS-TEQ/kg de peso fresco). En estos grupos, y de manera individual, los valores más elevados corresponden a margarina y mantequilla (0,415 y 0,334 ng OMS-TEQ/kg de peso fresco, respectivamente) y al salmonete y al salmón (0,418 y 0,210 ng OMS-TEQ/kg de peso fresco, respectivamente).

Tabla 42. Concentraciones medias totales de PCDD/F por grupos de alimentos.

	Carne y derivados	Pescado y marisco	Verduras	Tubérculos	Frutas	Huevos	Leche	Derivados lácteos	Pan y cereales	Legumbres	Aceites y grasas	Bollería
2,3,7,8 -TCDD	0,003	0,024	0,001	0,001	0,001	0,005	0,002	0,008	0,006	0,005	0,057	0,003
1,2,3,7,8 -PeCDD	0,003	0,034	0,002	0,005	0,001	0,003	0,003	0,013	0,007	0,005	0,065	0,003
1,2,3,4,7,8 -HxCDD	0,003	0,009	0,001	0,001	0,001	0,007	0,001	0,008	0,005	0,002	0,030	0,007
1,2,3,6,7,8 -HxCDD	0,011	0,027	0,002	0,001	0,001	0,006	0,004	0,016	0,009	0,002	0,072	0,009
1,2,3,7,8,9 -HxCDD	0,004	0,008	0,001	0,002	0,001	0,003	0,003	0,011	0,007	0,002	0,052	0,008
1,2,3,4,6,7,8 -HpCDD	0,080	0,098	0,007	0,016	0,004	0,018	0,010	0,106	0,056	0,012	0,271	0,101
OCDD	0,247	0,148	0,028	0,168	0,038	0,148	0,011	0,707	0,153	0,051	2,637	1,460
2,3,7,8 -TCDF	0,021	0,279	0,002	0,002	0,002	0,013	0,005	0,047	0,018	0,005	0,114	0,017
1,2,3,7,8 -PeCDF	0,009	0,088	0,003	0,002	0,001	0,008	0,003	0,028	0,018	0,006	0,094	0,015
2,3,4,7,8 -PeCDF	0,010	0,105	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,046	0,007	0,001	0,127	0,008
1,2,3,4,7,8 -HxCDF	0,011	0,020	0,024	0,012	0,001	0,004	0,005	0,047	0,010	0,015	0,091	0,003
1,2,3,6,7,8 -HxCDF	0,006	0,014	0,008	0,008	0,001	0,004	0,005	0,026	0,012	0,006	0,086	0,007
1,2,3,7,8,9 -HxCDF	0,002	0,007	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,006	0,002	0,001	0,021	0,003
2,3,4,6,7,8 -HxCDF	0,005	0,011	0,001	0,001	0,001	0,005	0,004	0,012	0,006	0,004	0,071	0,008
1,2,3,4,6,7,8 -HpCDF	0,039	0,053	0,101	0,080	0,003	0,016	0,009	0,129	0,047	0,085	0,201	0,052
1,2,3,4,7,8,9 -HpCDF	0,008	0,027	0,018	0,014	0,003	0,013	0,002	0,021	0,009	0,016	0,075	0,022
OCDF	0,069	0,110	0,518	0,291	0,012	0,050	0,013	0,794	0,379	0,495	0,315	0,827
Sum OMS -TEQ PCDD ¹	0,009	0,063	0,003	0,007	0,002	0,010	0,005	0,027	0,016	0,010	0,141	0,010
Sum OMS -TEQ PCDF ¹	0,008	0,068	0,005	0,004	0,001	0,004	0,004	0,030	0,008	0,005	0,082	0,008
Sum OMS -TEQ PCDD/F ¹	0,017	0,131	0,009	0,011	0,003	0,014	0,009	0,057	0,024	0,014	0,223	0,018

En ng/kg de peso fresco

¹ En ng OMS-TEQ/kg de peso fresco

8.1.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

La ingesta para un hombre adulto se estima en 25,67 pg OMS-TEQ/día. La contribución más importante a la ingesta corresponde al grupo del pescado y el marisco con 6,53 pg OMS-TEQ/día y al del pan y los cereales con 6,33 pg OMS-TEQ/día. En el pescado destacan el atún con 1,57 pg OMS-TEQ/día y la sardina con 0,68 pg OMS-TEQ/día. Entre el grupo de los cereales estudiados, la mayor aportación corresponde al pan blanco con 3,64 pg OMS-TEQ/día y la pasta alimentaria con 1,73 pg OMS-TEQ/día.

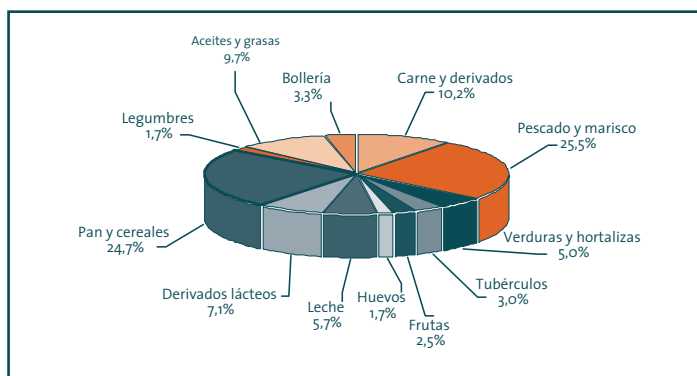
La tabla 43 ofrece el resumen de la ingesta diaria de dioxinas y furanos por grupos de alimentos. Se puede observar la contribución destacada del grupo del pescado y el marisco, seguida de la del pan y los cereales.

Tabla 43. Ingesta diaria de PCDD/F. Hombre adulto, por grupos de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de PCDD/F
	g/día	pg OMS - TEQ/día
Carne y derivados	171,9	2,62
Pescado y marisco	67,53	6,53
Verduras y hortalizas	159,7	1,28
Tubérculos	73,06	0,77
Frutas	193,6	0,65
Huevos	31,29	0,43
Leche	128,4	1,47
Derivados lácteos	75,62	1,81
Pan y cereales	224,3	6,33
Legumbres	30,36	0,43
Aceites y grasas	27,16	2,50
Bollería	45,45	0,85
Total alimentos considerado	1.228	25,67

En la figura 8 se puede observar la contribución a la ingesta diaria de cada grupo de alimentos. La contribución más importante procede del pescado y el marisco con un 25,5%, y el pan y los cereales representan el 24,7%.

Figura 8. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de dioxinas y furanos



8.1.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 44 muestra la ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos para los diferentes grupos de población, según edad y sexo. Destaca el grupo de los niños y las niñas con 28,74 pg OMS-TEQ/día.

Tabla 44. Ingesta diaria estimada de PCDD/F de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta de PCDD/F
Hombres	25,67
Mujeres	22,42
Niños y niñas	28,74
Chicos adolescentes	26,37
Chicas adolescentes	21,71
Hombres mayores de 65 años	22,86
Mujeres mayores de 65 años	19,14

En pg OMS-TEQ/día

8.1.4 Evaluación del riesgo

8.1.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

La ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos (tabla 45) para un hombre adulto de 70 kg de peso corporal por consumo de alimentos es de 0,37 pg OMS-TEQ/kg. Este valor se halla muy por debajo de lo que la OMS establece como ingesta diaria tolerable para dioxinas y furanos y PCB con efecto dioxina (1-4 pg OMS-TEQ/kg/día). El valor máximo lo presentan los niños y las niñas con 1,20 pg OMS-TEQ/kg/día, dentro del rango de valores que establece la OMS. Asimismo, si calculamos la ingesta semanal y mensual de estos dos grupos, haciendo una aproximación al peor escenario, obtenemos un valor de 2,59 y 8,38 pg OMS-TEQ/kg/semana respectivamente, bastante por debajo de los 14 pg OMS-TEQ/kg/semana recomendados por el JECFA en 2001

(ISPT); los valores correspondientes a la ingesta mensual son 11,1 pg OMS-TEQ/kg/mes y 35,93 pg OMS-TEQ/kg/mes, también por debajo de los 70 pg OMS-TEQ/kg/mes que recomienda el JECFA en 2001 (IMPT).

Tabla 45. Ingesta diaria de PCDD/F relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de PCDD/F
Hombres	0,37
Mujeres	0,41
Niños y niñas	1,20
Chicos adolescentes	0,47
Chicas adolescentes	0,41
Hombres mayores de 65 años	0,35
Mujeres mayores de 65 años	0,32

En pg OMS-TEQ/kg/día

8.1.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 46 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición a las dioxinas y los furanos a través de la dieta.

Tabla 46. Ingesta relativa de dioxinas y furanos (PCDD/F) por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,40	0,11	0,38	0,46	0,54	0,59	0,47	0,13	0,46	0,55	0,64	0,70
Mujeres	0,43	0,13	0,41	0,51	0,60	0,67	0,51	0,15	0,49	0,60	0,71	0,79
Chicos adolescentes	0,56	0,21	0,53	0,68	0,83	0,96	0,68	0,25	0,64	0,81	1,01	1,15
Chicas adolescentes	0,51	0,16	0,49	0,60	0,72	0,80	0,63	0,19	0,60	0,74	0,89	0,98
Hombres > de 65 años	0,36	0,10	0,35	0,41	0,49	0,54	0,42	0,12	0,41	0,49	0,57	0,63
Mujeres > de 65 años	0,37	0,13	0,35	0,44	0,53	0,60	0,44	0,15	0,42	0,52	0,63	0,71
TOTAL	0,44	0,14	0,42	0,51	0,62	0,70	0,54	0,17	0,51	0,63	0,75	0,86

En pg OMS-TEQ/kg/día

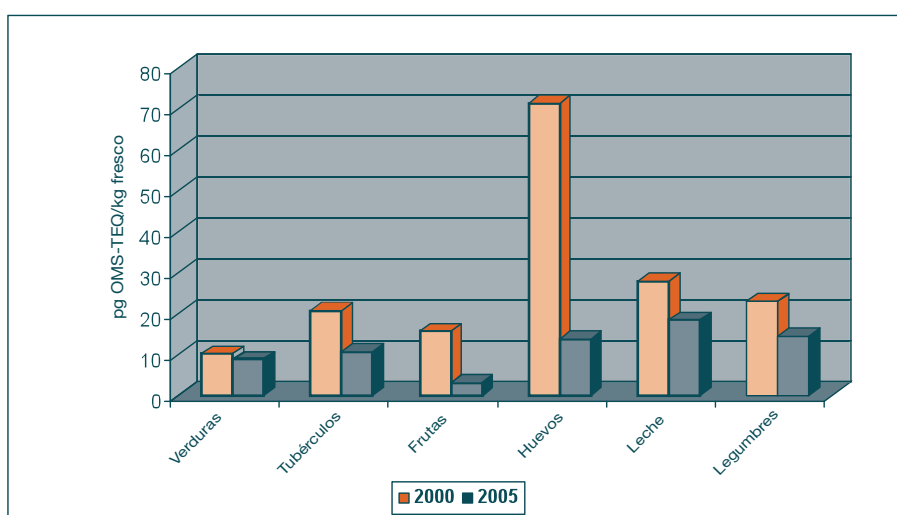
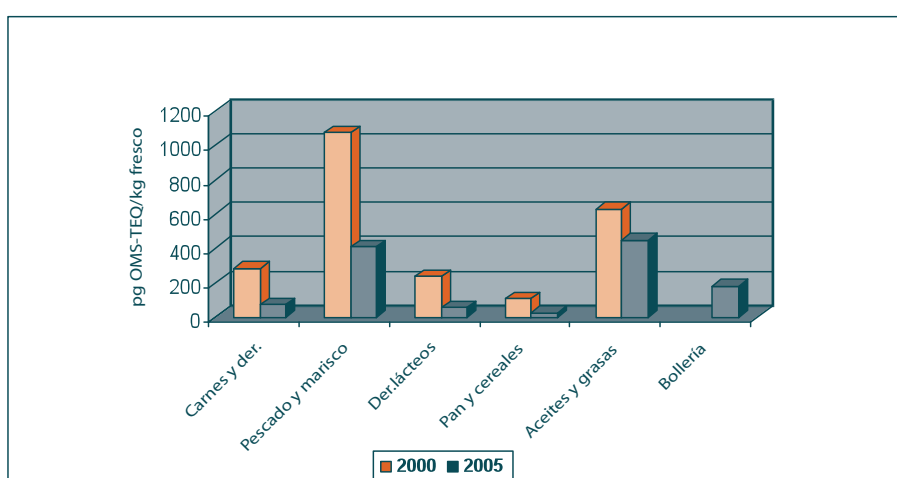
Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas. Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, dichos valores aumentan. Cuando solamente se considera la variabilidad, todos los valores de exposición están por debajo del intervalo recomendado por la OMS (1-4pg OMS-TEQ/kg/día). Cuando se considera el peor escenario razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, tampoco se observa que la exposición calculada supere el nivel toxicológico de seguridad de 1-4 pg OMS-TEQ/kg/día que establece la OMS, pese a que un 10% de los chicos adolescentes ya se encuentran en la franja baja del intervalo mencionado. En todos los casos, la ingesta se halla por debajo de los 14 pg OMS-TEQ/kg/semana y los 70 pg OMS-TEQ/kg/mes recomendados por el JECFA. El percentil 95 (alto) de la población realiza una ingesta entre 0,67-1,15 pg OMS-TEQ/kg/día, en función del grupo considerado.

8.1.5 Evolución 2000 - 2005

8.1.5.1 Concentración

La figura 9 muestra la comparación de las medias de concentración de dioxinas y furanos (ng OMS-TEQ/kg de peso fresco) entre los dos estudios realizados. Se puede observar un descenso generalizado de la contaminación por PCDD/F en todos los grupos de alimentos.

Figura 9. Comparación de las concentraciones de dioxinas y furanos. 2000 - 2005.



8.1.5.2. Ingesta

La tabla 47 muestra la evolución de la ingesta entre los dos estudios de dieta total, tomando como referencia al hombre adulto. Como se puede observar, el descenso es muy notable (73%). El descenso de las aportaciones es general, salvo un ligero y poco significativo incremento en el valor aportado por las legumbres.

Tabla 47. Evolución de la ingesta de PCDD/F. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento		Ingesta de PCDD/F	
	g/día		pg OMS - TEQ/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	12,09	2,62
Pescado y marisco	92	67,53	28,74	6,53
Verduras y hortalizas	226	159,7	1,67	1,28
Tubérculos	74	73,06	0,90	0,77
Frutas	239	193,6	2,20	0,65
Huevos	34	31,29	2,37	0,43
Leche	217	128,4	2,10	1,47
Derivados lácteos	106	75,62	23,32	1,81
Pan y cereales	206	224,3	13,76	6,33
Legumbres	24	30,36	0,33	0,43
Aceites y grasas	41	27,16	7,93	2,50
Bollería		45,45		0,85
Total alimentos considerado	1.444	1.228	95,41	25,67

8.1.6 Otros estudios

En la tabla 48 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 48. Ingesta diaria de PCDD/F. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	pg TEQ/día	pg TEQ/kg/día	Autores
Cataluña	25,67	0,37	El presente estudio
Egipto		4	Loutfy, N y col., 2006
Italia		0,96	Fattore, E y col., 2006
Japón	21,52	0,43	Sasamoto, T y col., 2006
España (Huelva)	80,5	1,15	Bordajandi, LR y col., 2004
Australia		0,34	Food Standards Australia New Zealand 2004
Holanda		0,6	Baars, AJ y col., 2004
Finlandia	58	0,76	Kiviranta, H y col., 2004
Reino Unido		0,4	Datos gubernamentales
Bélgica	65,29	1	Focant, JF y col., 2002
Cataluña	95,41	1,36	Estudio 2000

8.2 Bifenilos policlorados (PCB)

8.2.1 Resultados de los análisis de alimentos

Se han analizado un total de dieciocho congéneres. Per una parte, los mismos once del estudio del 2000, y por otra, siete más que actualmente también se considera que presentan un efecto dioxina o dioxin-like (PCB DL). En total, se presentan los datos de los doce congéneres considerados actualmente DL (UE 2005), junto con los seis non-dioxin-like (PCB NDL) potencialmente importantes desde el punto de vista toxicológico de acuerdo con la opinión de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA 2005).

Para calcular los valores correspondientes en equivalentes tóxicos (TEQ: ng OMS-TEQ/kg de peso fresco), en el caso de los PCB DL, se han utilizado los factores de equivalencia tóxica (TEF) modificados por la OMS en 2005 y publicados en 2006 (tabla 49).

Tabla 49. Factores de equivalencia tóxica (TEF). OMS 2005.

Congénere	TEF
PCB #77	0,0001
PCB #81	0,0003
PCB #105	0,00003
PCB #114	0,00003
PCB #118	0,00003
PCB #123	0,00003
PCB #126	0,1
PCB #156	0,00003
PCB #157	0,00003
PCB #167	0,00003
PCB #169	0,03
PCB #189	0,00003

En la tabla 50 se presentan las concentraciones de PCB en los alimentos.

En cuanto al valor global, los grupos de alimentos con concentraciones medias más elevadas son el del pescado y el marisco con 16.265 ng/kg y el de aceites y grasas con 673,5 ng/kg. Los pescados con una concentración más elevada de PCB son el salmonete (91.797 ng/kg), la sardina (25.488 ng/kg) y el boquerón (21.824 ng/kg). En el grupo de aceites y grasas, los alimentos con concentraciones más elevadas son la mantequilla (1.842 ng/kg) y el aceite de oliva (389,8 ng/kg).

Tabla 50. Valores medios de concentración de PCB en los alimentos.

	Carne y derivados	Pescado y marisco	Verduras y hortalizas	Tubérculos	Frutas	Huevos	Leche	Derivados lácteos	Pan y cereales	Legumbres	Aceites y grasas	Bollería
PCB #77	0,31	10,95	0,14	0,18	0,12	1,83	0,07	0,45	0,41	0,30	2,49	0,62
PCB #81	0,15	8,51	0,07	0,09	0,06	0,25	0,03	0,22	0,14	0,10	1,24	0,31
PCB #105	2,82	344,9	0,76	0,91	0,58	7,53	1,88	10,87	1,36	1,49	30,63	3,13
PCB #114	0,39	24,55	0,14	0,18	0,12	0,50	0,16	0,62	0,27	0,21	3,85	0,62
PCB #118	12,60	1.064	1,66	1,81	1,18	19,00	6,83	30,78	5,21	5,41	101,3	7,19
PCB #123	0,32	205,8	0,14	0,18	0,12	0,50	0,09	0,45	0,27	0,26	3,06	0,62
PCB #126	0,12	6,68	0,03	0,05	0,03	0,13	0,11	0,34	0,07	0,05	1,45	0,16
PCB #156	5,34	221,4	0,68	0,91	0,58	2,51	0,86	5,25	1,36	1,04	19,38	3,13
PCB #157	0,66	30,23	0,14	0,18	0,12	0,50	0,18	0,70	0,27	0,21	3,91	0,62
PCB #167	1,51	148,1	0,68	0,91	0,58	2,51	0,35	2,20	1,36	1,04	12,44	3,13
PCB #169	0,21	0,92	0,03	0,05	0,03	0,13	0,02	0,11	0,07	0,05	0,62	0,16
PCB #189	2,05	40,99	0,14	0,18	0,12	0,50	0,07	0,45	0,27	0,21	2,49	0,62
Sum PCB DL	26,48	2.107	4,58	5,64	3,64	35,88	10,64	52,41	11,05	10,37	182,8	20,34
Sum PCB DL	0,019	0,76	0,005	0,006	0,004	0,018	0,012	0,039	0,009	0,007	0,169	0,021
TEQ*												
PCB #28	9,20	134,1	6,29	1,81	1,18	105,0	3,63	15,45	15,04	8,48	24,88	40,33
PCB #52	6,26	334,6	4,00	1,81	1,18	5,01	1,53	7,95	10,89	5,49	24,88	6,53
PCB #101	4,19	995,2	2,85	1,81	1,18	5,01	0,70	16,70	12,56	12,95	24,88	7,69
PCB #138	21,53	5176	2,11	1,81	1,18	25,00	8,18	55,50	12,23	7,21	117,1	17,58
PCB #153	38,85	4.700	2,78	1,81	1,18	39,50	14,90	113,0	19,85	17,45	200,3	16,24
PCB #180	20,83	2.816	1,43	1,81	1,18	21,00	7,85	59,58	6,21	4,71	98,75	20,33
Sum PCB	100,9	14.157	19,46	10,88	7,07	200,5	36,77	268,2	76,78	56,29	490,8	108,7
NDL												
Sum PCB Total	127,4	16.264	24,03	16,51	10,71	236,4	47,41	320,6	87,83	66,66	673,5	129,0

En ng/kg de peso fresco y *ng OMS-TEQ/kg de peso fresco

Al estudiar los grupos de PCB DL y NDL se observa lo mismo. Respecto a las concentraciones medias de PCB DL, el pescado y el marisco y los aceites y las grasas vuelven a ser los grupos con mayor contenido. El pescado presenta una concentración de 0,76 ng OMS-TEQ/kg y los aceites y las grasas de 0,17 ng OMS-TEQ/kg. En el caso de los PCB NDL, el pescado y los aceites siguen superando al resto con concentraciones de 14.158 y 490,8 ng/kg respectivamente.

Aunque la fracción de PCB NDL siempre es mayoritaria, la presencia de PCB DL en los distintos grupos de alimentos no es del todo homogénea. En la figura 10 se puede observar cómo en los tubérculos, las frutas y los aceites y las grasas la proporción de DL se sitúa entre el 30 y el 40%, mientras que en los demás grupos está alrededor del 20%. En la figura 11 se puede apreciar la proporción de cada uno de los PCB DL en el conjunto de alimentos.

En lo que a OMS-TEQ se refiere, los congéneres 126 y 169 son los que más aportan, con un claro predominio del primero. Entre los dos suman más de un 90% del contenido en todos los grupos de alimentos. Este dato es especialmente relevante porque son los que tienen un TEF más alto entre los PCB DL y, por lo tanto, son los que más se parecen biológicamente a las dioxinas.

Figura 10. Proporción de PCB DL/NDL en los grupos de alimentos

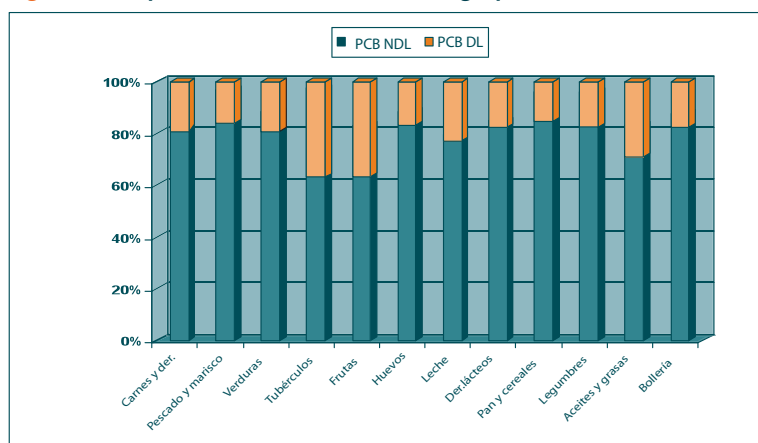
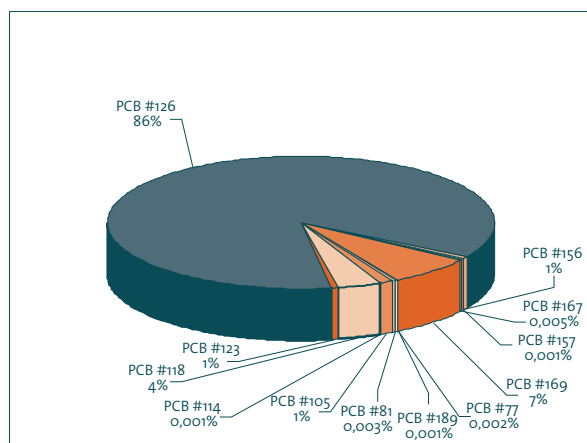


Figura 11. Distribución de los PCB DL en los alimentos. Porcentaje de la aportación al total de TEQ.

8.2.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

Para estimar la ingesta diaria de PCB a través del consumo de alimentos se han considerado por separado los congéneres DL, los NDL y el total.

En la tabla 51 se presenta la ingesta diaria estimada para un hombre adulto. En lo que a los PCB DL se refiere, la contribución más importante se debe al pescado y al marisco con 38,77 pg OMS-TEQ/día, seguido de la carne, el pan y los cereales y los aceites y grasas, todos ellos del orden de 2,5 pg OMS-TEQ/día. En el grupo del pescado y el marisco, cabe destacar el atún como la especie que más aporta con 11,53 pg OMS-TEQ/día. En el grupo de la carne es el lomo de cerdo con 0,51 pg OMS-TEQ/día; en el del pan y los cereales, el pan blanco con 1,09 pg OMS-TEQ/día; y el aceite de oliva en el grupo de los aceites y las grasas, con 1,94 pg OMS-TEQ/día. Considerando los PCB NDL y el total, se observa un comportamiento ligeramente diferente pese a que el pescado se mantiene como mayor aportador. El pan y los cereales ocupan el segundo lugar destacando ligeramente del resto.

Tabla 51. Ingesta diaria de PCB. Hombre adulto, por grupos de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento g/día	Ingesta de PCB DL pg OMS-TEQ/día	Ingesta de PCB NDL ng/día	Ingesta de PCB total ng/día
Carne y derivados	171,9	2,24	10,93	13,68
Pescado y marisco	67,53	38,77	636,0	730,2
Verduras y hortalizas	159,7	0,70	3,89	4,64
Tubérculos	73,06	0,45	0,79	1,21
Frutas	193,6	0,79	1,41	2,13
Huevos	31,29	0,55	6,27	7,40
Leche	128,4	1,72	5,37	6,92
Derivados lácteos	75,62	1,24	8,36	10,11
Pan y cereales	224,3	2,27	18,46	21,17
Legumbres	30,36	0,22	1,59	1,90
Aceites y grasas	27,16	2,48	9,03	11,41
Bollería	45,45	0,98	5,15	6,09
Total alimentos estudio	987,9	41,98	559,1	646,1
Total alimentos considerado	1.228	52,40	707,2	816,9

En las figuras 12 y 13 se presenta la contribución de los distintos alimentos en la ingesta de PCB DL y de PCB NDL. Como se puede comprobar, el grupo del pescado y el marisco aporta el 74% y el 89,9% del total de la ingesta, respectivamente.

Figura 12. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de PCB DL.

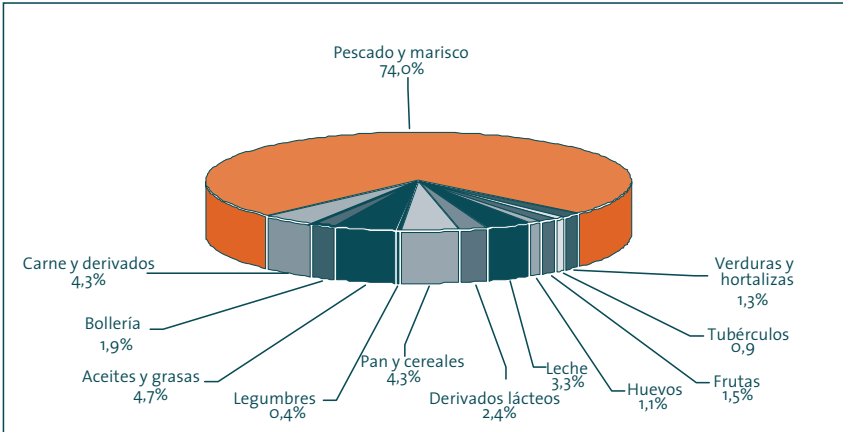
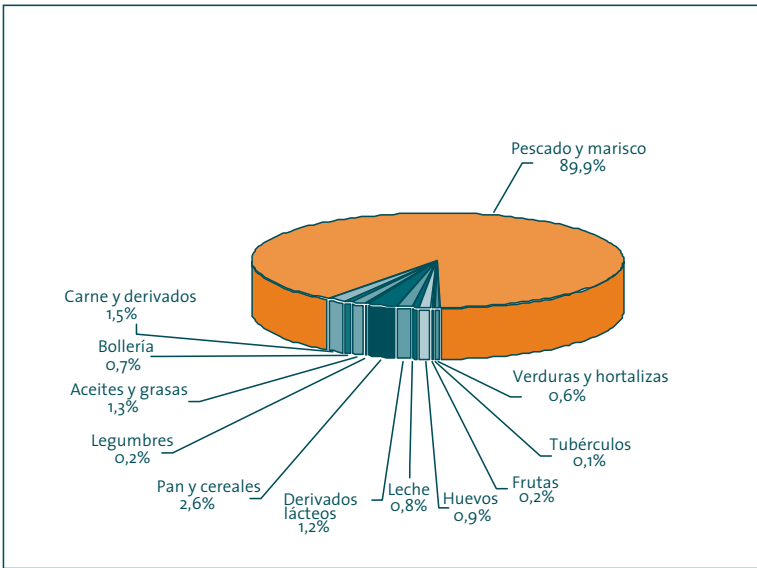


Figura 13. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de PCB NDL.



8.2.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 52 muestra la ingesta diaria estimada de PCB para los diferentes grupos de población, según edad y sexo. No se aprecian grandes diferencias entre los grupos de población estudiados.

Tabla 52. Ingesta diaria estimada de PCB según grupo de población.

Grupo de población	Ingesta de PCB DL pg OMS-TEQ/Día	Ingesta de PCB NDL ng/día	Ingesta de PCB total ng/día
Hombres	52,40	707,2	816,9
Mujeres	48,35	655,0	757,7
Niños y niñas	41,53	583,8	680,1
Chicos adolescentes	42,35	483,6	564,1
Chicas adolescentes	42,13	512,9	594,4
Hombres mayores de 65 años	48,28	709,4	815,4
Mujeres mayores de 65 años	41,14	617,0	711,0

8.2.4 Evaluación del riesgo

8.2.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 53 se presenta la ingesta diaria estimada de PCB en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal. Para un hombre adulto de 70 kg, la ingesta de PCB DL se estima en 0,75 pg OMS-TEQ/kg/día. Este valor se halla muy por debajo del que establece la OMS como ingesta diaria tolerable para dioxinas, furanos y PCB DL (1-4 pg OMS-TEQ/kg/día).

Cabe destacar que el valor obtenido en los niños y las niñas se cifra en 1,73 pg OMS-TEQ/kg/día. En cuanto a la ingesta de PCB NDL, para un hombre adulto se considera una ingesta de 10,10 ng/kg/día, valor que se encuentra en la franja baja del rango considerado habitual en la población general por la EFSA en 2005 (10-45 ng/kg/día). Asimismo, los niños y las niñas destacan del resto con una ingesta de 24,33 ng/kg/día, valor que se halla justo por debajo del rango considerado habitual para niños (27-50 ng/kg/día) por la EFSA (2005).

Tabla 53. Ingesta de PCB relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de PCB DL pg OMS-TEQ/kg/día	Ingesta de PCB NDL ng/kg/día	Ingesta de PCB total ng/kg/día
Hombres	0,75	10,10	11,67
Mujeres	0,88	11,91	13,78
Niños y niñas	1,73	24,33	28,34
Chicos adolescentes	0,76	8,64	10,07
Chicas adolescentes	0,79	9,68	11,22
Hombres mayores de 65 años	0,74	10,91	12,54
Mujeres mayores de 65 años	0,69	10,28	11,85

8.2.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 54 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición al PCB DL a través de la dieta.

Tabla 54. Ingesta relativa de PCB DL por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,77	0,35	0,71	0,95	1,21	1,42	0,89	0,40	0,83	1,09	1,41	1,63
Mujeres	0,89	0,40	0,83	1,10	1,42	1,64	1,10	0,50	1,01	1,36	1,74	2,02
Chicos adolescentes	0,92	0,47	0,80	1,13	1,50	1,82	1,08	0,55	0,95	1,34	1,78	2,14
Chicas adolescentes	0,94	0,42	0,86	1,15	1,48	1,72	1,10	0,49	1,02	1,35	1,74	2,01
Hombres >de 65 años	0,75	0,33	0,69	0,92	1,18	1,36	0,87	0,38	0,81	1,07	1,38	1,58
Mujeres >de 65 años	0,78	0,39	0,70	0,97	1,30	1,53	0,92	0,45	0,82	1,13	1,51	1,77
TOTAL	0,86	0,40	0,78	1,05	1,38	1,62	1,02	0,47	0,92	1,24	1,64	1,93

En pg OMS-TEQ/kg/día

Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas, a excepción del valor probabilístico encontrado para los adolescentes y probablemente debido a las diferencias en las encuestas utilizadas. Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre aumenta la magnitud de la exposición estimada.

Cuando solamente se considera la variabilidad, la mayoría de la población está por debajo del intervalo recomendado por la OMS (1-4 pg OMS-TEQ/kg/día), un 10% de todos los grupos de edad están en la franja baja del intervalo y este porcentaje se eleva al 25% en los grupos de adolescentes y mujeres. En todos los casos la ingesta derivada de la consideración de la variabilidad se encuentra por debajo de los 14 pg OMS-TEQ/kg/semana y de los 70 pg OMS-TEQ/kg/mes recomendados por el JECFA.

Al considerar el peor escenario razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración tampoco se observa que la exposición calculada supere el nivel toxicológico de seguridad de 1-4 pg OMS-TEQ/kg/día que establece la OMS, pese a que un 25% de la población está dentro de este intervalo; este porcentaje se eleva hasta el 50% en el caso de las mujeres y las chicas adolescentes. En todos los casos la ingesta derivada de la consideración de la variabilidad se encuentra por debajo de los 14 pg OMS-TEQ/kg/semana, a excepción del 5% de las mujeres y los adolescentes que superan ligeramente este valor. En todos los casos la ingesta se encuentra por debajo de los 70 pg OMS-TEQ/kg/mes recomendados por el JECFA.

El percentil 95 (alto) de la población realiza una ingesta de entre 1,58 y 2,14 pg OMS-TEQ/kg/día, lo que corresponde a una ingesta semanal de entre 11,06 y 14,08 pg OMS-TEQ/kg y a una ingesta mensual de entre 47,4 y 64,2 pg OMS-TEQ/kg, en función del grupo de población considerado.

8.2.5 Evolución 2000 - 2005

8.2.5.1 Concentración

Para comparar el estudio realizado en 2000 con el actual se ha tenido en cuenta sólo la concentración de los congéneres analizados en ambas ocasiones.

Las figuras 14 y 15 muestran la comparación de las medias de concentración de PCB (ng/kg de peso fresco) en alimentos entre ambos estudios.

La figura 14 presenta los cambios en los alimentos estudiados, salvo en el pescado y el marisco. En la figura 15 se muestra por separado la variación observada en el grupo del pescado y el marisco, puesto que presenta unas concentraciones medias de orden de magnitud muy superior. Se puede observar un descenso en la mayoría de valores obtenidos, a excepción de los aceites y las grasas, las frutas, las legumbres y el pescado y el marisco.

Figura 14. Comparación de las concentraciones de PCB. 2000 - 2005.

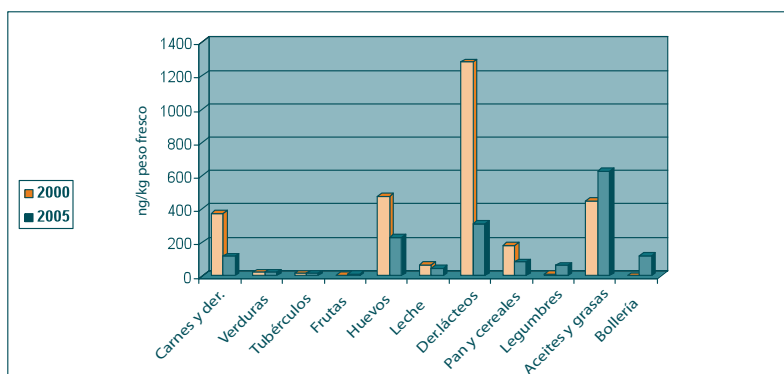
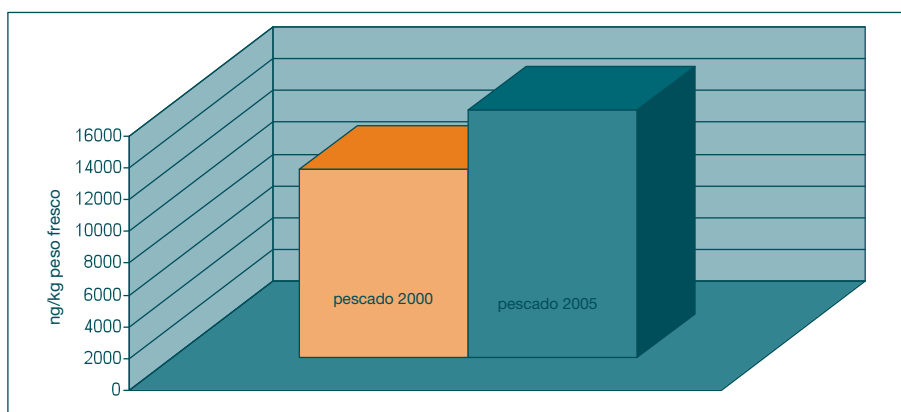


Figura 15. Comparación de las concentraciones de PCB en pescado. 2000 - 2005.



8.2.5.2 Ingesta

La tabla 55 muestra la evolución de la ingesta de PCB NDL y DL entre los dos estudios de dieta total, tomando como referencia al hombre adulto. Como se puede observar, el descenso es muy notable y generalizado para PCB NDL (43%) y aún más notable para PCB DL (65%).

Tabla 55. Evolución de la ingesta de PCB DL. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento g/día		Ingesta de PCB NDL ng/día		Ingesta de PCB DL pg OMS - TEQ/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	63,34	10,93	8,85	2,24
Pescado y marisco	92	67,53	987,6	636,0	82,87	38,77
Verduras y hortalizas	226	159,7	4,50	3,89	1,07	0,70
Tubérculos	74	73,06	1,13	0,79	0,83	0,45
Frutas	239	193,6	1,16	1,41	2,10	0,79
Huevos	34	31,29	6,82	6,27	0,84	0,55
Leche	217	128,4	11,78	5,37	1,78	1,72
Derivados lácteos	106	75,62	117,3	8,36	29,38	1,24
Pan y cereales	206	224,3	35,54	18,46	11,36	2,27
Legumbres	24	30,36	0,29	1,59	0,37	0,22
Aceites y grasas	41	27,16	16,43	9,03	10,67	2,48
Bollería		45,45		5,15		0,98
Total alimentos considerado	1.444	1.228	1.246	707,2	150,1	52,40

8.2.6 Otros estudios

En las tablas 56 y 57 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 56. Ingesta diaria de PCB DL. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	pg	pg TEQ/kg/día	Autores
Cataluña	52,4	0,75	El presente estudio
Egipto		2,68	Loutfy, N y col., 2006
Italia		1,3	Fattore, E y col., 2006
Japón	55,9	1,12	Sasamoto, T y col., 2006
España (Huelva)	184,1	2,63	Bordajandi, LR y col., 2004
Australia		0,18	Food Standards Australia New Zealand 2004
Holanda		0,5	Baars, AJ y col., 2004
Finlandia	56	0,74	Kiviranta, H y col., 2004
Reino Unido		0,5	Datos gubernamentales
Bélgica	67,6	1,04	Focant, JF y col., 2002
Cataluña	150,12	2,15	Estudio 2000

Tabla 57. Ingesta diaria de PCB NDL. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	ng/kg/día	Observaciones	Autores
Cataluña	18,60	Adulto, 6 PCB	El presente estudio
Holanda	21,9	2 años, 7 PCB	Bakker, Ml y col., 2003
	12,5	10 años, 7 PCB	
	8,6	40 años, 7 PCB	
Alemania	30,5	1,5 - 3 años, 3 PCB	Petzold, G y col., 1999 Schäfer, M y col., 2000
	16,5	20 - 35 años, 3 PCB	
Italia	39,0	6 PCB	Zuccato, E y col., 1999 Fattore, E y col., 2005
	16,1	7 - 12 años, 6 PCB	
	10,9	13 - 94 años, 6 PCB	
Cataluña	17,80	Adulto, 6 PCB	Estudio 2000

8.3 PCDD/F y PCB similares a las dioxinas (PCB DL). Evaluación global

Desde el punto de vista de la evaluación de riesgos, se debe valorar conjuntamente la exposición a dioxinas y furanos y PCB con efecto dioxina, puesto que tanto la OMS como la CE establecen los límites de seguridad para los dos tipos de contaminantes de manera conjunta.

Muy probablemente, en un futuro no muy lejano habrá que incorporar, conforme aumente el acervo de conocimiento toxicológico, el número de sumandos a esta lista. Es decir, todos los contaminantes que la comunidad científica considere similares a las dioxinas, principalmente debido al mecanismo de acción, y, por lo tanto, requieran un tratamiento común para evaluar su riesgo. Son claro ejemplo de ello otros grupos de contaminantes evaluados en el presente estudio: los naftalenos policlorados (PCN) y los éteres polibromados (PBDE).

8.3.1 Concentraciones conjuntas

En la tabla 58 se presenten las concentraciones equivalentes (OMS-TEQ) de PCDD/F, PCB DL y las dos en conjunto para los grupos de alimentos analizados. Para los cálculos se han utilizado los valores de TEF publicados por la OMS en 2005.

Tabla 58. Concentraciones de PCDD/F y PCB DL.

Alimentos	PCDD/F	PCB DL	PCDD/F + PCB DL
Carne y derivados	0,017	0,019	0,036
Pescado y marisco	0,131	0,761	0,892
Verduras y hortalizas	0,009	0,005	0,014
Tubérculos	0,011	0,006	0,017
Frutas	0,003	0,004	0,007
Huevos	0,014	0,018	0,032
Leche	0,009	0,012	0,021
Derivados lácteos	0,057	0,039	0,096
Pan y cereales	0,024	0,009	0,033
Legumbres	0,014	0,007	0,021
Aceites y grasas	0,223	0,169	0,392
Bollería	0,018	0,021	0,039

En ng OMS-TEQ/kg fresco

8.3.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

En la tabla 59 se presentan, ordenadas por grupos de alimentos, las ingestas diarias estimadas de PCDD/F y PCB DL y el sumatorio de ambos conceptos para un hombre adulto, que es de 78,07 pg OMS-TEQ. La contribución de los PCB DL a dicha ingesta es del 67%.

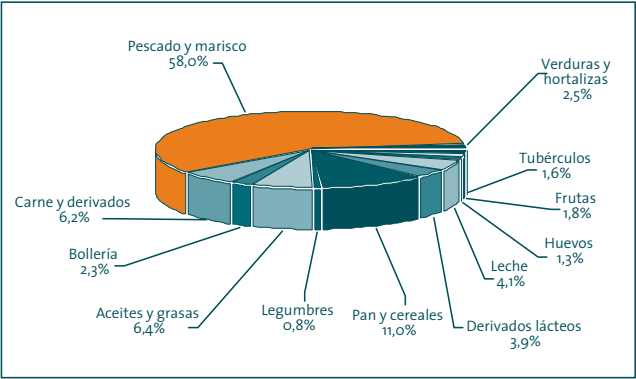
Tabla 59. Ingesta diaria de PCDD/F + PCB DL. Hombre adulto, por grupos de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de PCDD/F	Ingesta de PCB DL	Ingesta conjunta
	g/día	pg OMS - TEQ/día	pg OMS - TEQ/día	pg OMS - TEQ/día
Carne y derivados	171,9	2,62	2,24	4,86
Pescado y marisco	67,5	6,53	38,77	45,30
Verduras y hortalizas	159,7	1,28	0,70	1,98
Tubérculos	73,06	0,77	0,45	1,22
Frutas	193,6	0,65	0,79	1,44
Huevos	31,29	0,43	0,55	0,99
Leche	128,4	1,47	1,72	3,19
Derivados lácteos	75,62	1,81	1,24	3,05
Pan y cereales	224,3	6,33	2,27	8,60
Legumbres	30,36	0,43	0,22	0,65
Aceites y grasas	27,16	2,50	2,48	4,98
Bollería	45,45	0,85	0,98	1,82
Total alimentos estudio	987,9	21,65	41,98	63,63
Total alimentos considerado	1.228	25,67	52,40	78,07

En la figura 16 se puede observar la contribución de los distintos tipos de alimentos a la ingesta conjunta de PCDD/F + PCB DL en el hombre adulto.

Por tipo de alimento, la aportación más considerable proviene del pescado y el marisco con 45,30 pg OMS-TEQ y representa el 58% del total, seguida a mucha distancia por el grupo del pan y los cereales con 8,60 pg OMS-TEQ y por el de aceites y grasas y el de la carne y derivados con 4,98 y 4,86 pg OMS-TEQ respectivamente.

Figura 16. Contribución del tipo de alimento a la ingesta de PCDD/F + PCB DL.



8.3.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

En la tabla 60 se muestra la ingesta diaria conjunta estimada para los diferentes grupos de población, según edad y sexo. Los datos son consecuentes con respecto a lo que se ha señalado en los capítulos anteriores: el grupo con una ingesta superior es el de los niños y las niñas, seguido por el de hombres adultos.

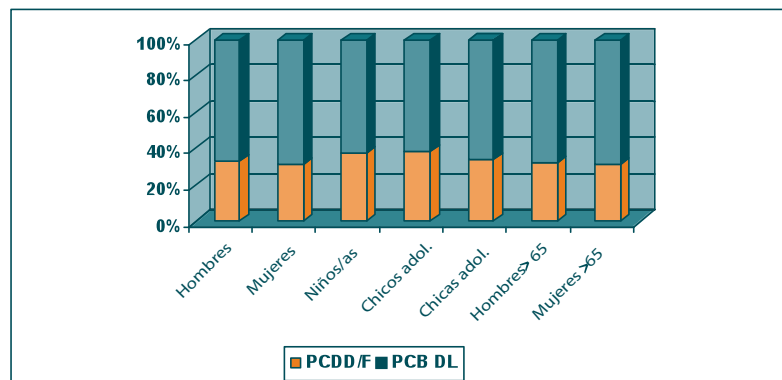
Tabla 60. Ingesta diaria estimada de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta de PCDD/F	Ingesta de PCB DL	Ingesta conjunta
Hombres	25,67	52,4	78,07
Mujeres	22,42	48,35	70,77
Niños y niñas	28,74	41,57	70,31
Chicos adolescentes	26,37	42,33	68,70
Chicas adolescentes	21,71	42,13	63,84
Hombres mayores de 65 años	22,86	48,28	71,14
Mujeres mayores de 65 años	19,14	41,14	60,28

En pg OMS-TEQ/día

En la figura 17 se presenta el porcentaje de participación correspondiente a los PCDD/F y los PCB DL en la ingesta diaria. Se puede observar la gran proporción que representan los PCB DL en la ingesta total. La contribución de los PCB DL es bastante regular en todos los grupos de edad y se sitúa entre el 60 y el 70% aproximadamente.

Figura 17. Proporción de PCDD/F y PCB DL en la ingesta diaria.



8.3.4 Evaluación del riesgo

8.3.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 61 se puede observar la ingesta diaria conjunta de ambos grupos de contaminantes para los diferentes grupos de población y en relación con el peso corporal.

Tabla 61. Ingesta diaria de PCDD/F + PCB DL relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de PCDD/F	Ingesta de PCB DL	Ingesta conjunta
Hombres	0,37	0,75	1,12
Mujeres	0,41	0,88	1,29
Niños y niñas	1,20	1,73	2,90
Chicos adolescentes	0,47	0,76	1,23
Chicas adolescentes	0,41	0,79	1,21
Hombres mayores de 65 años	0,35	0,74	1,09
Mujeres mayores de 65 años	0,32	0,69	1,01

En pg OMS-TEQ/kg/día

Se puede observar como en todos los casos, si bien incorporar los PCB DL al cálculo de los OMS-TEQ contribuye a que aumente muy considerablemente el nivel de ingesta en todos los grupos de población se encuentra dentro del rango diario tolerable que establece la OMS (1-4 pg OMS-TEQ/kg/día). Asimismo, podemos considerar que, en general, también está bastante por debajo de la ingesta semanal tolerable provisional (ISPT) citada en 14 pg OMS-TEQ/kg/semana por el JECFA en 2001, ya que la mayoría de grupos presentan una ingesta semanal de entre 8 y 10 pg OMS-TEQ/kg/semana, mientras que para los niños y las niñas se obtiene una ingesta de 20,3 pg OMS-TEQ/kg/semana.

Del mismo modo, podemos calcular la ingesta mensual (IMPT) y compararla con los 70 pg OMS-TEQ/kg/mes que recomendó el JECFA en 2001. En este caso, todos los grupos se encuentran entre 30 y 40 pg OMS-TEQ/kg/mes, mientras que para los niños y las niñas se calcula una ingesta de 87,0 pg OMS-TEQ/kg/mes.

8.3.4.2. Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 62 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición conjunta a PCDD/F y PCB DL a través de la dieta.

Tabla 62. Ingesta relativa de PCDD/F y PCB DL por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	1,16	0,44	1,09	1,38	1,73	1,96	1,35	0,50	1,27	1,60	2,00	2,25
Mujeres	1,31	0,50	1,23	1,57	1,98	2,23	1,56	0,59	1,45	1,86	2,33	2,64
Chicos adolescentes	1,51	0,66	1,38	1,82	2,35	2,76	1,77	0,75	1,63	2,14	2,75	3,19
Chicas adolescentes	1,45	0,54	1,37	1,74	2,15	2,46	1,73	0,64	1,63	2,08	2,55	2,91
Hombres >de 65 años	1,11	0,41	1,03	1,33	1,66	1,86	1,29	0,47	1,21	1,55	1,91	2,15
Mujeres >de 65 años	1,18	0,51	1,08	1,43	1,84	2,12	1,39	0,59	1,28	1,68	2,14	2,47
TOTAL	1,31	0,51	1,23	1,58	1,99	2,26	1,51	0,58	1,42	1,82	2,28	2,59

En pg OMS-TEQ/kg/día

Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas.

Cuando solamente se considera la variabilidad, toda la población se encuentra en la franja baja del intervalo recomendado por la OMS (1-4 pg OMS-TEQ/kg/día). Para la mayoría de la población, la ingesta derivada de la consideración de la variabilidad se encuentra por debajo de los 14 pg OMS-TEQ/kg/semana, con la excepción de un 5% de la población de mujeres adultas y mayores de 65 años y del 10 % de la población de chicos y chicas adolescentes. La mayoría de la población presenta una ingesta por debajo de los 70 pg OMS-TEQ/kg/mes recomendados por el JECFA, salvo un 5% de la población de chicos y chicas adolescentes.

Cuando se considera el peor escenario razonable, que se crea al tener en cuenta los datos de consumo y de concentración, tampoco se observa que la exposición calculada supere el nivel toxicológico de seguridad de 1-4 pg OMS-TEQ/kg/día que establece la OMS. Toda la población se encuentra dentro del intervalo. En la mayoría de casos, la ingesta derivada de la consideración de la variabilidad se halla por debajo de los 14 pg OMS-TEQ/kg/semana, salvo en el 5% de los hombres adultos, el 10% de las mujeres adultas y mayores de 65 años, y el 25 % de los chicos y chicas adolescentes. En la gran mayoría de casos, la ingesta se encuentra por debajo de los 70 pg OMS-TEQ/kg/mes recomendados por el JECFA, a excepción del 10% de mujeres adultas y de chicos y chicas adolescentes y del 5% de las mujeres mayores de 65 años.

8.3.5 Evolución 2000 - 2005

8.3.5.1. Concentración

Para comparar el estudio realizado en 2000 con el actual solamente se ha tenido en cuenta la concentración de los congéneres (PCB DL) analizados en ambos estudios.

Las figuras 18,19 y 20 muestran la comparación de las medias de concentración de PCDD/F y PCB DL en los alimentos correspondientes a ambos estudios, agrupados en función de la magnitud de sus respectivas concentraciones.

Figura 18. Evolución de la concentración de PCDD/F + PCB DL. 2000 - 2005.

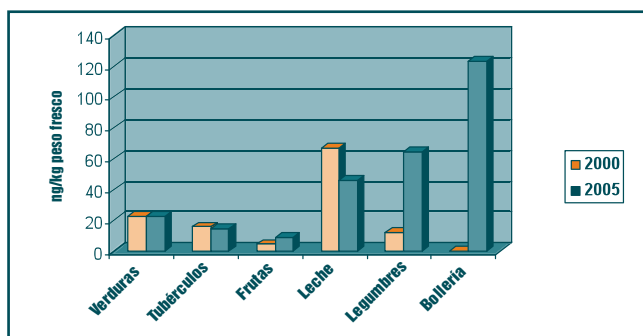
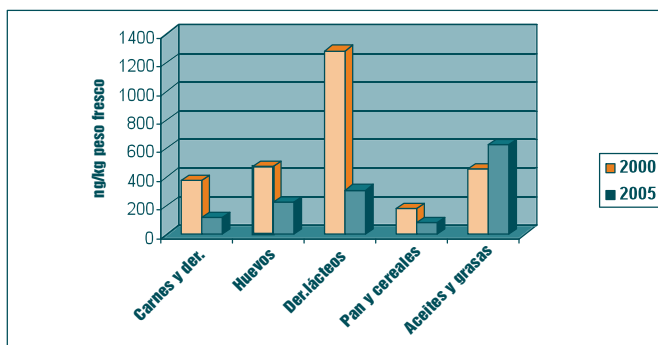
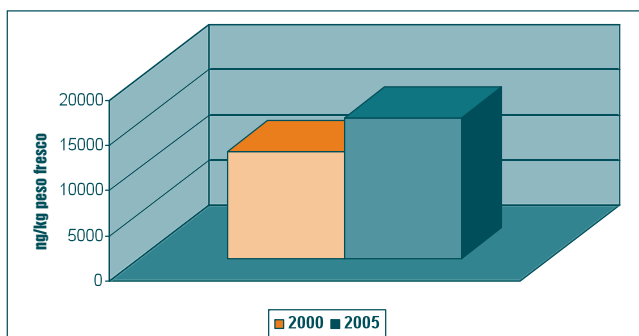


Figura 19. Evolución de la concentración de PCDD/F + PCB DL. 2000 - 2005.**Figura 20.** Evolución de la concentración de PCDD/F + PCB DL en pescado y marisco. 2000 - 2005.

En general, se puede destacar un descenso en la mayoría de grupos de alimentos, a excepción del grupo del pescado, las frutas, los aceites y las grasas y las legumbres, que aumentan en 2005.

8.3.5.2. Ingesta

La tabla 63 muestra la evolución de la ingesta conjunta entre los dos estudios de dieta total, tomando como referente la del hombre adulto. Se observa una disminución importante, de 245,5 a 78,07 pg OMS-TEQ/día (68%), a pesar de que en este estudio se ha analizado un número superior de PCB DL.

El descenso de las aportaciones es considerable y general, y destaca la disminución de la aportación de los derivados lácteos y del grupo del pan y los cereales, con la única excepción de un ligero incremento en el valor aportado por la leche.

Tabla 63. Evolución de la ingesta de PCDD/F + PCB DL. 2000–2005.

Alimentos	Consumo de alimento g/día		Ingesta de PCDD/F + PCB DL pg OMS - TEQ/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	20,94	4,86
Pescado y marisco	92	67,53	111,6	45,30
Verduras y hortalizas	226	159,7	2,74	1,98
Tubérculos	74	73,06	1,73	1,22
Frutas	239	193,6	4,30	1,44
Huevos	34	31,29	3,21	0,99
Leche	217	128,4	3,88	3,19
Derivados lácteos	106	75,62	52,70	3,05
Pan y cereales	206	224,3	25,12	8,60
Legumbres	24	30,36	0,70	0,65
Aceites y grasas	41	27,16	18,60	4,98
Bollería		45,45		1,82
Total alimentos considerado	1.444	1.228	245,5	78,07

8.3.6 Otros estudios

En la tabla 64 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 64. Ingesta diaria conjunta de PCDD/F + PCB DL. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	pg TEQ/día	pg TEQ/kg/día	Autores
Cataluña	78,07	1,12	El presente estudio
Japón		1,49	Mato, Y y col., 2007
Egipto		6,68	Loutfy, N y col., 2006
Italia		2,28	Fattore, E y col., 2006
Japón	77,49	1,55	Sasamoto, T y col., 2006
España (Huelva)	264,6	3,78	Bordajandi, LR y col., 2004
Australia		0,52	Food Standards Australia New Zealand 2004
Holanda		1,1	Baars, AJ y col., 2004
Finlandia	114	1,5	Kiviranta, H y col., 2004
Reino Unido		0,9	Datos gubernamentales
Bélgica	132,9	2,04	Focant, JF y col., 2002
Cataluña	245,5	3,51	Estudio 2000

9 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)

9.1 Resultados de los análisis de alimentos

Se han analizado los dieciséis HAP que la EPA recomienda medir en los alimentos (EPA, 1984) que ya se analizaron en el 2000 y en el estudio específico de pescado y marisco. Ocho de ellos (marcados en la lista con un asterisco) son los que en 2008 la EFSA consideró los mejores indicadores en el caso de sustancias genotóxicas y cancerígenas (HAP8) y que al mismo tiempo forman parte de la lista recomendada por la UE en 2005 (2005/108/CE) para recopilar información relativa a HAP en alimentos.

Naftaleno	Acenaftileno	Acenafteno	Fluoreno
Fenantreno	Antraceno	Fluoranteno	Pireno
Benzo(a)antraceno*	Criseno*	Benzo(b)fluoranteno*	Benzo(k)fluoranteno*
Benzo(a)pireno*	Dibenzo(a,h)antraceno*	Benzo(g,h,i)perileno*	Inde(1,2,3-c,d)pireno*

En la tabla 65 se presentan las concentraciones de HAP detectadas en los distintos grupos de alimentos estudiados.

Los niveles totales más elevados se han detectado en los siguientes grupos: carne y derivados con 25,56 µg/kg, en el que destaca el chorizo con 189,28 µg/kg; aceites y grasas con 23,48 µg/kg, en el que destaca el aceite de oliva con 32,24 µg/kg, y pan y cereales con 20,44 µg/kg, en el que destaca el pan blanco con 35,69 µg/kg.

Tabla 65. Concentración de HAP. Valores medios de los grupos de alimentos.

	Carne y derivados	Pescado y marisco	Verduras y hortalizas	Tubérculos	Frutas	Huevos	Leche	Derivados lácteos	Pan y cereales	Legumbres	Aceites y grasas	Bollería
Naftaleno	2,26	1,73	0,33	0,39	0,44	1,54	1,00	0,96	2,93	1,14	10,50	2,66
Acenaftileno	1,21	0,23	0,06	0,08	0,05	0,23	0,04	0,19	0,29	0,08	1,23	0,45
Acenafteno	0,24	0,52	0,09	0,12	0,06	0,50	0,08	0,19	0,85	0,55	1,23	0,35
Fluoreno	1,52	0,54	0,59	0,08	0,06	0,73	0,09	0,19	2,12	1,27	1,23	0,91
Fenantreno	9,42	1,37	0,23	0,08	0,05	2,43	0,22	0,72	8,84	2,99	1,23	2,08
Antraceno	1,69	0,19	0,06	0,08	0,05	0,33	0,03	0,19	0,32	0,10	1,23	0,43
Fluoranteno	3,76	0,93	0,09	0,08	0,07	1,04	0,16	0,82	2,92	1,00	1,23	1,58
Pireno	3,59	0,64	0,08	0,08	0,09	0,79	0,43	0,19	1,38	0,54	1,66	1,41
Benzo(a)antraceno*	0,48	0,21	0,02	0,03	0,02	0,12	0,02	0,08	0,08	0,03	0,50	0,21
Criseno*	0,63	0,37	0,02	0,03	0,02	0,21	0,02	0,08	0,18	0,07	0,50	0,32
Benzo(b)fluoranteno*	0,23	0,44	0,02	0,03	0,02	0,13	0,06	0,08	0,14	0,05	0,50	0,12
Benzo(k)fluoranteno*	0,12	0,20	0,02	0,03	0,02	0,09	0,05	0,08	0,06	0,03	0,50	0,12
Benzo(a)pireno*	0,13	0,14	0,02	0,03	0,02	0,09	0,06	0,08	0,05	0,03	0,50	0,12
Dibenzo(a,h)antraceno*	0,11	0,11	0,02	0,03	0,02	0,18	0,10	0,08	0,04	0,03	0,50	0,12
Benzo(g,h,i)perileno*	0,09	0,21	0,03	0,03	0,03	0,09	0,12	0,08	0,13	0,03	0,50	0,18
Inde(1,2,3-c,d)pireno*	0,09	0,17	0,03	0,03	0,02	0,09	0,10	0,08	0,12	0,03	0,50	0,18
HAP total	25,56	8,01	1,73	1,21	1,05	8,56	2,58	4,08	20,44	7,96	23,48	11,22
Sum HAP8 EFSA*	1,88	1,85	0,20	0,03	0,18	0,98	0,53	0,62	0,79	0,30	3,97	1,37

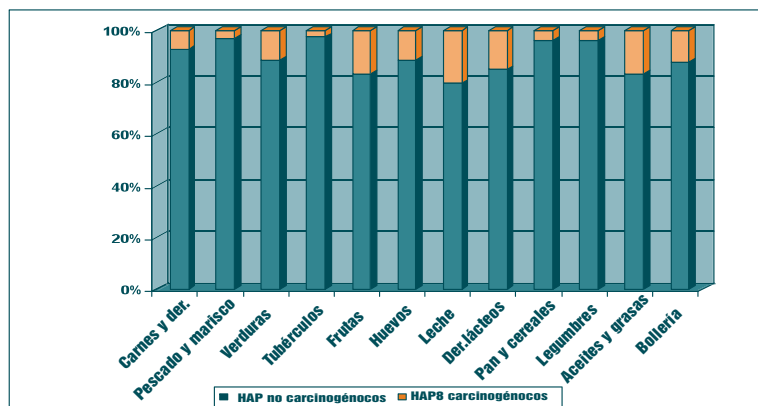
* Indicador de exposición dietética a HAP genotóxicos y cancerígenos según la EFSA 2008.

En µg/kg de peso fresco

En cuanto al cómputo de HAP carcinógenos (HAP8), los valores medios más elevados se han encontrado en los siguientes grupos: aceites y grasas con 3,97 µg/kg, en el que destaca el aceite de girasol con 4,20 µg/kg; carne y derivados con 1,88 µg/kg, en el que destaca el chorizo con 11,10 µg/kg, y pescado y marisco con 1,85 µg/kg, en el que destaca el mejillón con 7,29 µg/kg.

En la figura 21 se presenta la proporción, en el total de HAP estudiados, de los HAP carcinógenos (HAP8) y no carcinógenos en cada uno de los grupos de alimentos estudiados. Se observa que la gran mayoría de los HAP presentes son de características no carcinógenas.

Figura 21. Proporción de HAP8 carcinógenos y no carcinógenos en los grupos de alimentos.



9.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

La ingesta de HAP total estimada a través del consumo de los alimentos considerados es de 12,04 $\mu\text{g}/\text{día}$, de los que 939,2 ng/día corresponden a los HAP8 considerados carcinógenos. La ingesta de B(a)p se estima en 89,29 ng/día.

En la tabla 66 se resumen los datos por grupos de alimentos. Considerando la ingesta como HAP total, la contribución más grande proviene del grupo del pan y los cereales con 5,47 $\mu\text{g}/\text{día}$, seguido del de la carne y los derivados con 3,28 $\mu\text{g}/\text{día}$. En el grupo de pan y cereales destaca la contribución del pan blanco con 3,84 $\mu\text{g}/\text{día}$ y en el de la carne y los derivados, el chorizo con 2,04 $\mu\text{g}/\text{día}$. El valor destacado del chorizo probablemente es debido a la presencia de procesos de ahumado en este tipo de preparado. Si observamos la ingesta de HAP8 y de B(a)p, destaca, en primer lugar, el grupo de la carne y derivados en ambos casos.

En las figuras 22, 23 y 24 se representan los porcentajes de contribución de los distintos alimentos a la ingesta diaria estimada de HAP totales, de HAP8 cancerígenos y de B(a)p.

Se puede comprobar que, así como en términos de HAP total el grupo del pan y los cereales es el que más aporta, en términos de HAP8 y de B(a)p lo es mayoritariamente el de la carne y los derivados.

Tabla 66. Ingesta diaria estimada de HAP. Resumen por grupos de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de HAP total	Ingesta de HAP8 carcinógenos	Ingesta de B(a)p
	g/día	µg/día	ng/día	ng/día
Carne y derivados	139,9	3,28	306,4	25,70
Pescado y marisco	52,94	0,34	74,46	0,26
Verduras y hortalizas	93,69	0,34	30,19	0,71
Tubérculos	73,06	0,09	2,26	0,14
Frutas	135,2	0,20	35,70	0,14
Huevos	31,07	0,27	30,66	0,01
Leche	127,1	0,40	88,01	0,20
Derivados lácteos	56,17	0,14	22,50	1,10
Pan y cereales	217,2	5,47	174,2	0,03
Legumbres	15,45	0,22	9,06	0,44
Aceites y grasas	27,09	0,85	107,4	0,31
Bollería	19,04	0,46	58,26	0,25
Total alimentos estudio	987,9	10,57	791,8	75,25
Total alimentos considerado	1.228	12,04	939,2	89,29

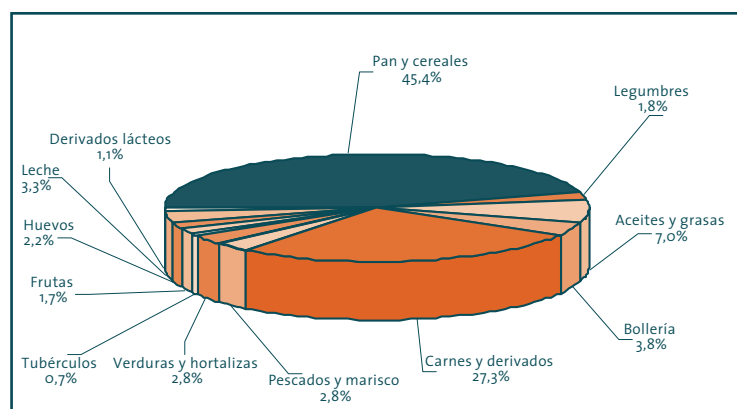
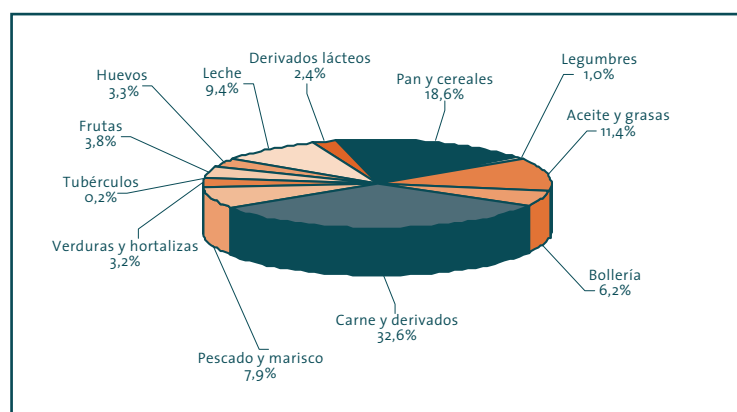
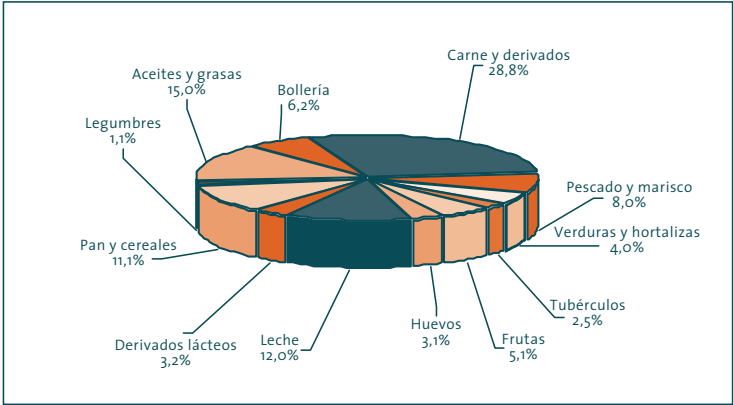
Figura 22. Contribución del tipo de alimento a la ingesta de HAP totales.**Figura 23.** Contribución del tipo de alimento a la ingesta de HAP8.

Figura 24. Contribución del tipo de alimento a la ingesta de B(a)p.



9.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 67 muestra la ingesta estimada de HAP para los diferentes grupos de población, según edad y sexo. La ingesta estimada más elevada corresponde a los grupos de chicos adolescentes.

Tabla 67. Ingesta diaria estimada de HAP relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de HAP total	Ingesta de HAP8 carcinógenos	Ingesta de B(a)p
	µg/día	ng/día	ng/día
Hombres	12,04	939,2	89,29
Mujeres	8,24	731,5	73,49
Niños y niñas	10,18	932,2	91,97
Chicos adolescentes	13,83	1096	101,6
Chicas adolescentes	10,16	818,8	78,94
Hombres mayores de 65 años	9,19	736,7	73,73
Mujeres mayores de 65 años	6,89	587,6	60,75

9.4 Evaluación del riesgo

9.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 68 se presenta la ingesta diaria estimada de HAP en los distintos grupos de población expresada en función del peso corporal. Como es habitual en la mayoría de contaminantes, al expresar la exposición en relación con el peso corporal, destaca el grupo de los niños y las niñas.

Como se recoge en la opinión sobre los HAP en alimentos adoptada por la EFSA en junio de 2008 de acuerdo con los datos aportados por los estados miembros, se estima que la exposición dietética del consumidor

medio-alto se encuentra en un rango entre los 28,1 y los 51,3 ng/kg/día en el caso de los HAP8 y entre los 3,9 y los 6,5 ng/kg/día en el caso del B(a)p.

Como se puede comprobar, los datos correspondientes a la ingesta de los adultos en Cataluña son bastante inferiores.

Tabla 68. Ingesta diaria estimada de HAP de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta de HAP total	Ingesta de HAP8 carcinógenos	Ingesta de B(a)p
	µg/kg/día	ng/kg/día	ng/kg/día
Hombres	0,17	13,42	1,28
Mujeres	0,15	13,30	1,34
Niños y niñas	0,42	38,84	3,83
Chicos adolescentes	0,25	19,57	1,81
Chicas adolescentes	0,19	15,45	1,49
Hombres mayores de 65 años	0,14	11,33	1,13
Mujeres mayores de 65 años	0,11	9,79	1,01

Para los compuestos para los que se ha establecido RfD (dosis de referencia), es decir, la dosis por debajo de la que es altamente improbable que aparezcan efectos tóxicos, la evaluación se realiza individualmente. Se puede observar, por comparación, una ingesta diaria muy por debajo de estos valores para todos los grupos de población (tabla 69). Los correspondientes cocientes de riesgo obtenidos dividiendo la exposición por la RfD dan valores muy inferiores a la unidad en todos los casos.

Tabla 69. Ingesta diaria correspondiente a los HAP con dosis de referencia establecida.

Grupo de población	Antraceno	Acenafteno	Fluoranteno	Fluoreno	Pireno
Hombres	5,7E - 06	5,1E - 06	2,0E - 05	1,3E - 05	1,5E - 05
Mujeres	4,4E - 06	4,0E - 06	1,5E - 05	9,6E - 06	1,1E - 05
Niños y niñas	5,8E - 06	4,8E - 06	1,9E - 05	1,1E - 05	1,5E - 05
Chicos adolescentes	6,6E - 06	5,8E - 06	2,4E - 05	1,5E - 05	1,8E - 05
Chicas adolescentes	5,2E - 06	4,6E - 06	1,9E - 05	1,1E - 05	1,4E - 05
Hombres mayores de 65 años	4,3E - 06	4,5E - 06	1,6E - 05	1,1E - 05	1,1E - 05
Mujeres mayores de 65 años	3,7E - 06	3,4E - 06	1,2E - 05	8,1E - 06	9,4E - 06
Dosis de referencia (RfD)	3,0E - 01	6,0E - 02	4,0E - 02	4,0E - 02	3,0E - 02

En mg/kg/día

Algunos de los HAP son genotóxicos y cancerígenos conocidos. La evaluación del riesgo que supone la exposición a este tipo de sustancias se ha llevado a cabo siguiendo las recomendaciones que la EFSA hizo en 2008, tomando el margen de exposición o MOE (margin of exposure). El MOE es un cociente de riesgo y se calcula dividiendo una dosis de referencia, de la que conocemos el porcentaje de efecto que produce experimentalmente, por la dosis objeto de la evaluación. Por lo tanto, en una situación concreta es deseable un valor de MOE lo más alto posible.

Para el caso concreto de los HAP cancerígenos, la EFSA propone evaluar la suma de los HAP8 hacia una dosis experimental y crónica que produce un 10% de incidencia de tumores en ratones (límite inferior del intervalo de confianza del 95% correspondiente a la dosis) o BMDL10.

Los valores de BMDL10 para los HAP que recomienda la EFSA se extraen de los trabajos de carcinogénesis llevados a cabo por Culp y colaboradores en 1998. Para el B(a)p se calcula una BMDL10 de 4,2 mg/día y para los HAP8 de 29,4 mg/día.

Tomando estos parámetros podemos calcular los MOE de los grupos con las ingestas más altas de nuestro estudio y compararlos con los habituales en la población de la UE, teniendo en cuenta que la EFSA considera que los valores de MOE iguales o superiores a 10.000 son propios de situaciones de bajo o muy bajo riesgo.

Los datos se presentan en la tabla 70. Cabe mencionar que dicho valor no debe considerarse un valor de seguridad al que se debe tender, sino que siempre se debe intentar reducir al máximo la exposición a este tipo de sustancias. Como se puede observar, los valores de MOE obtenidos para nuestra población son superiores a los de la población europea de referencia y al límite de 10.000.

Tabla 70. Valores de MOE para la exposición a HAP8 y B(a)p.

Ingesta diaria	HAP8*	MOE _{HAP8}	B(a)p*	MOE _{B(a)p}
Habitual, adulto UE (EFSA)	1.729	17.000	235	17.900
Hombre adulto estudio	939,2	31.296	89,29	47.110
Niños y niñas	932,2	31.538	91,97	45.667
Chicos adolescentes	1.096	26.818	101,6	41.403

*En ng/día

9.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 71 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición a HAP total a través de la dieta.

Tabla 71. Ingesta relativa de HAP total por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,19	0,06	0,19	0,23	0,27	0,30	0,24	0,07	0,23	0,28	0,34	0,38
Mujeres	0,17	0,05	0,16	0,19	0,23	0,26	0,20	0,06	0,19	0,24	0,28	0,31
Chicos adolescentes	0,28	0,10	0,26	0,33	0,41	0,47	0,34	0,13	0,31	0,40	0,50	0,58
Chicas adolescentes	0,22	0,07	0,21	0,26	0,32	0,35	0,27	0,09	0,26	0,32	0,38	0,43
Hombres > de 65 años	0,15	0,05	0,15	0,18	0,21	0,24	0,18	0,06	0,18	0,22	0,26	0,29
Mujeres > de 65 años	0,13	0,04	0,12	0,15	0,18	0,20	0,15	0,05	0,14	0,18	0,22	0,24
TOTAL	0,19	0,06	0,18	0,22	0,27	0,31	0,24	0,08	0,22	0,28	0,34	0,39

En µg/kg/día

Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas. Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, dichos valores aumentan. En ningún caso, ni al considerar la variabilidad, ni en el peor escenario razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, los valores obtenidos superan el doble o el tripe de los valores deterministas. Obviamente, dado el amplio margen que separa estos valores de cualquier cifra de riesgo, en estos supuestos tampoco nos aproximamos significativamente a situaciones límite.

9.5 Evolución 2000 - 2005

9.5.1 Concentración

En las figuras 25, 26 y 27 se muestran las comparaciones de las concentraciones medias de HAP totales, HAP8 y B(a)p halladas en los dos estudios.

Para los HAP totales, pese a que se observan algunos descensos como es el caso de los tubérculos o los derivados lácteos, la mayoría de los grupos de alimentos manifiestan incrementos: carne y derivados, huevos, pan y cereales, leche, legumbres, verduras, y aceites y grasas.

En cuanto a los HAP8 se observa una tendencia a la disminución de las concentraciones: tubérculos, pan y cereales. En cambio, se detectan subidas en los valores de: leche, frutas, huevos, y aceites y grasas.

En el caso del B(a)p se observa una disminución del contenido en pescado y marisco, pan y cereales, tubérculos y legumbres. Se aprecian incrementos en carne y derivados, verduras, frutas, huevos, leche, y aceites y grasas.

Figura 25. Comparación de las concentraciones medias de HAP total. 2000 - 2005.

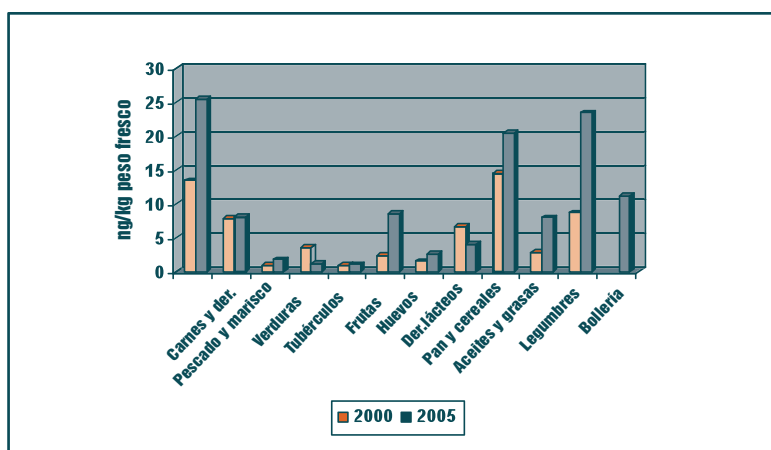


Figura 26. Comparación de las concentraciones medias de HAP8. 2000 - 2005.

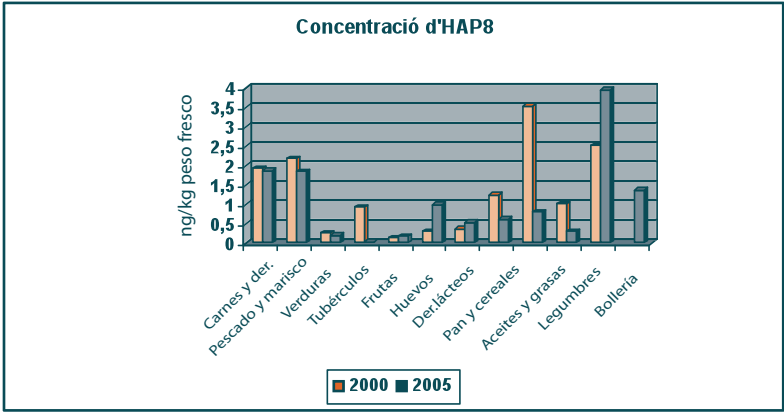
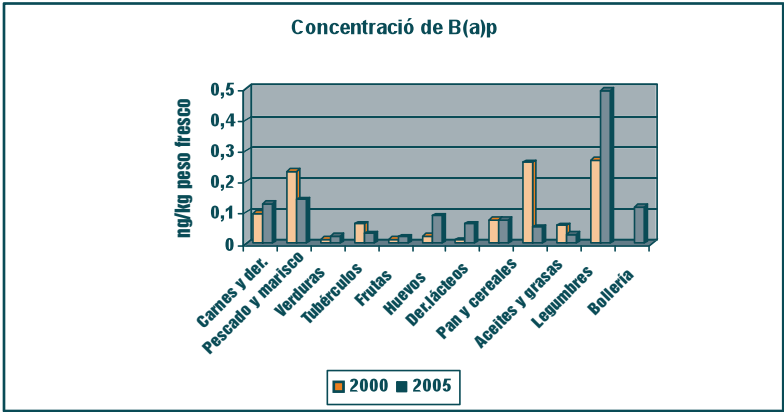


Figura 27. Comparación de las concentraciones medias de B(a)p. 2000 - 2005.



9.5.2 Ingesta

Como se puede observar en la tabla 72, la ingesta total estimada de HAP para un individuo adulto en Cataluña es de 12,04 µg/día, mientras que en el año 2000 fue de 8,42 µg/día (43%). En cuanto a la evolución de los valores de ingesta para el conjunto de los HAP8 y el B(a)p, se aprecia en ambos casos un notable descenso en la ingesta, 48% y 31% respectivamente.

Tabla 72. Variación en la ingesta diaria de HAP totales, HAP8 y B(a)p. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento		HAP total		HAP8		B(a)p	
	g/día		µg/día		ng/día		ng/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	2,49	3,28	358,3	306,4	18,13	25,70
Pescado y marisco	92	67,53	0,73	0,34	201,2	74,46	21,62	7,14
Verduras y hortalizas	226	159,7	0,20	0,34	56,95	30,19	2,94	3,53
Tubérculos	74	73,06	0,27	0,09	68,30	2,26	4,66	2,26
Frutas	239	193,6	0,23	0,20	29,88	35,70	3,35	4,52
Huevos	34	31,29	0,08	0,27	10,30	30,66	0,78	2,78
Leche	217	128,4	0,33	0,40	78,12	88,01	2,39	10,72
Derivados lácteos	106	75,62	0,70	0,14	132,9	22,50	8,27	2,81
Pan y cereales	206	224,3	2,98	5,47	734,8	174,2	53,97	9,92
Legumbres	24	30,36	0,07	0,22	24,46	9,06	1,39	0,94
Aceites y grasas	41	27,16	0,36	0,85	103,6	107,4	11,15	13,42
Bollería		45,45		0,46		58,26		5,55
Total alimentos considerado	1.444	1.228	8,42	12,04	1.799	939,2	128,6	89,29

9.6 Otros estudios

En la tabla 73 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles a causa de la metodología utilizada, nos permiten comprobar un nivel relativamente elevado de ingesta detectado en este estudio.

Tabla 73. Ingesta diaria de HAP. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	µg/día	Autores
Cataluña	12,04	El presente estudio
España	8,57	Ibáñez, R y col., 2005
Cataluña	8,4	Estudio 2000
Nueva Zelanda	3,2	Thomson, B y col., 1996
Italia	3	Lodovici, M y col., 1995
EE.UU.	3	Menzie, CA y col., 1992
Holanda	entre 5 y 17	de Vos, RH y col., 1990
Reino Unido	3,7	Dennis, MJ y col., 1983

10 Hexaclorobenceno (HCB)

10.1 Resultados de los análisis de alimentos

En la tabla 74 se presentan las concentraciones detectadas en los diferentes grupos de alimentos analizados. Los niveles más elevados se han encontrado en el grupo del pescado y el marisco: salmón, caballa, salmonete y lenguado (1.680 ng/kg, 804,3 ng/kg, 593,3 ng/kg y 549,6 ng/kg de peso fresco respectivamente); y en el grupo de los aceites y las grasas (mantequilla) y los derivados lácteos (queso) con 1.550 y 540,0 ng/kg respectivamente.

Las concentraciones más bajas se detectan en las verduras con 6,14 ng/kg, los tubérculos con 7,70 ng/kg y las frutas con 5,25 ng/kg de peso fresco.

Tabla 74. Concentración de HCB en los alimentos.

Alimentos	Concentración de HCB
Carne y derivados	111,9
Pescado y marisco	330,0
Verduras y hortalizas	6,14
Tubérculos	7,70
Frutas	5,25
Huevos	174,8
Leche	50,75
Derivados lácteos	283,5
Pan y cereales	43,75
Legumbres	15,00
Aceites y grasas	480,6
Bollería	86,83

En ng/kg de peso fresco

10.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

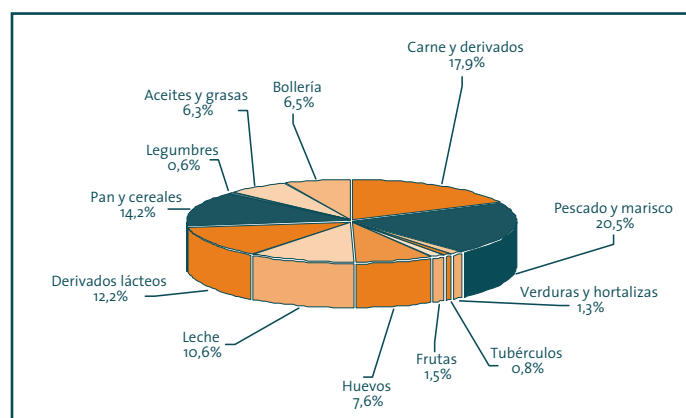
La ingesta diaria estimada de hexaclorobenceno para un hombre adulto se cifra en 71,62 ng/día. La leche entera, los huevos y el queso son los alimentos que más contribuyen a la ingesta de hexaclorobenceno, con 6,35 ng/día, 5,43 ng/día y 5,24 ng/día respectivamente. El emperador es la especie que menos lo hace.

En la tabla 75 se resume la ingesta diaria de hexaclorobenceno para un hombre adulto y por grupos de alimentos. Los que más contribuyen a la ingesta son el pescado y el marisco, seguidos por el grupo de la carne y los derivados y el del pan y los cereales.

Tabla 75. Ingesta diaria de HCB en un hombre adulto.

Alimentos	Consumo de alimento g/día	Ingesta de HCB ng/día
Carne y derivados	171,9	12,83
Pescado y marisco	67,53	14,70
Verduras y hortalizas	159,7	0,94
Tubérculos	73,06	0,56
Frutas	193,6	1,05
Huevos	31,29	5,47
Leche	128,4	7,57
Derivados lácteos	75,62	8,74
Pan y cereales	224,3	10,17
Legumbres	30,36	0,42
Aceites y grasas	27,16	4,50
Bollería	45,45	4,68
Total alimentos estudio	987,9	59,73
Total alimentos considerado	1.228	71,62

En la figura 28 se presenta el porcentaje de contribución de los distintos tipos de alimentos a la ingesta diaria de hexaclorobenceno. Se observa cómo la contribución del pescado se eleva al 20,5%, la de la carne y los derivados hasta el 17,9%, y la del pan y los cereales al 14,2%. Entre los tres grupos contabilizan el 52,6% de la ingesta.

Figura 28. Aportación porcentual de los grupos de alimentos a la ingesta diaria de HCB.

10.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 76 muestra la ingesta estimada de hexaclorobenceno para los distintos grupos de población, según edad y sexo.

El grupo de población con una mayor ingesta estimada de hexaclorobenceno derivada del consumo de alimentos es el de los niños y las niñas con 102,9 ng/día, seguido por el de los chicos adolescentes con 84,64

ng/día, mientras que el grupo con una ingesta diaria menor es el de las mujeres mayores de 65 años, con 50,11 ng/día.

Tabla 76. Ingesta diaria estimada de HCB de los distintos grupos de población. Valor correspondiente al total de alimentos considerados.

Grupo de población	Ingesta de HCB
Hombres	71,62
Mujeres	63,46
Niños y niñas	102,9
Chicos adolescentes	84,64
Chicas adolescentes	51,86
Hombres mayores de 65 años	56,93
Mujeres mayores de 65 años	50,11

En ng/día

10.4 Evaluación del riesgo

10.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

La tabla 77 muestra la ingesta diaria estimada de hexaclorobenceno por consumo de alimentos en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal.

Tabla 77. Ingesta de HCB relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de HCB
Hombres	1,02
Mujeres	1,15
Niños y niñas	4,29
Chicos adolescentes	1,51
Chicas adolescentes	0,98
Hombres mayores de 65 años	0,88
Mujeres mayores de 65 años	0,84

En ng/kg/día

Para evaluar la ingesta de hexaclorobenceno aportada por los alimentos a la dieta se han tenido en cuenta la dosis oral de referencia establecida por la EPA, 0,8 µg/kg/día; la ingesta diaria admisible (JECFA), 0,6 µg/kg/día, y la que ha establecido la OMS, 0,17 µg/kg/día. Un hombre adulto, un adolescente o un niño, con ingestas de 0,00102 µg/kg/día, 0,00151 µg/kg/día y 0,0043 µg/kg/día respectivamente, están claramente por debajo de las referencias mencionadas.

10.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

En la tabla 78 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición al hexaclorobenceno a través de la dieta.

Tabla 78. Ingesta relativa de HCB por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	1,20	0,36	1,15	1,40	1,67	1,85	1,43	0,44	1,37	1,67	2,00	2,22
Mujeres	1,24	0,41	1,17	1,46	1,78	2,01	1,46	0,50	1,37	1,73	2,11	2,39
Chicos adolescentes	1,94	0,74	1,81	2,31	2,90	3,31	2,28	0,88	2,13	2,72	3,42	3,93
Chicas adolescentes	1,65	0,54	1,57	1,92	2,34	2,66	1,99	0,66	1,89	2,32	2,85	3,25
Hombres > de 65 años	0,98	0,31	0,94	1,16	1,38	1,54	1,16	0,37	1,11	1,37	1,65	1,84
Mujeres > de 65 años	1,04	0,36	0,98	1,23	1,52	1,72	1,22	0,42	1,15	1,44	1,77	2,03
TOTAL	1,34	0,47	1,26	1,59	1,95	2,20	1,57	0,56	1,47	1,87	2,30	2,60

En ng/kg/día

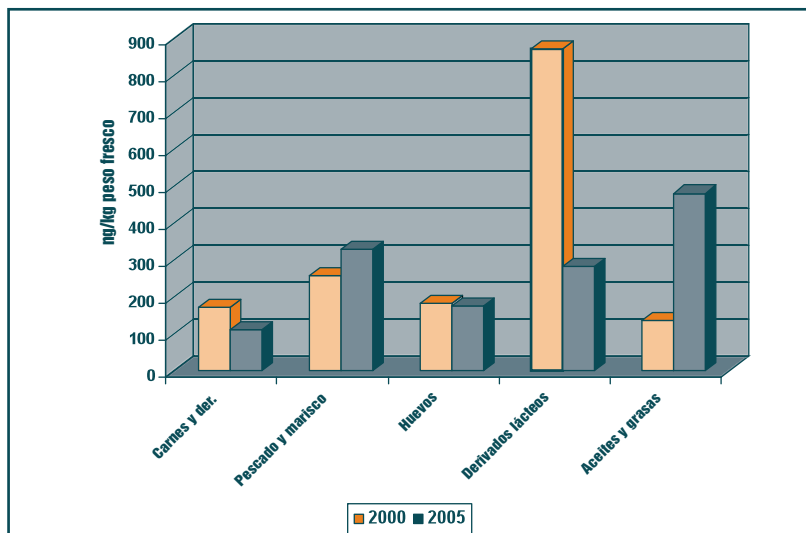
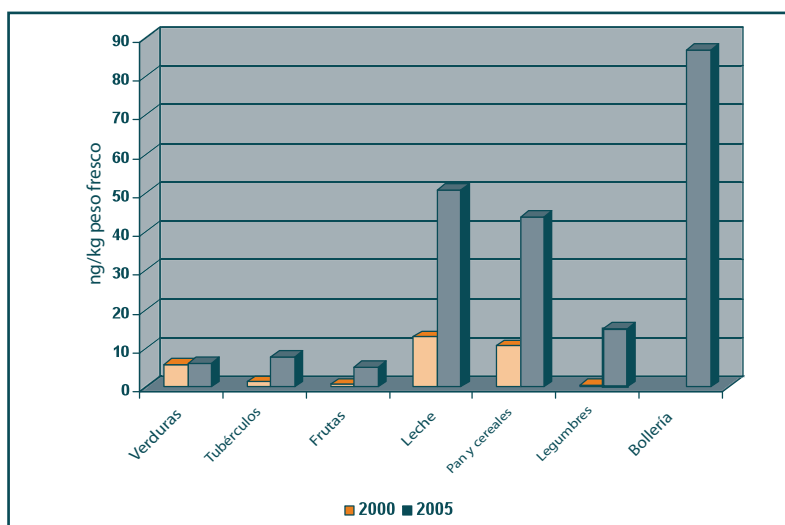
Se puede observar una correlación considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas, pese a que éstas últimas son algo inferiores. Este desplazamiento es ligeramente más marcado en el caso de los adolescentes. Muy probablemente dichas diferencias se deben a la naturaleza diferente de los datos estadísticos que deben emplearse en los dos tipos de estimación.

Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, dichos valores aumentan. En ningún caso, ni al considerar la variabilidad, ni en el peor escenario razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, se observa que la exposición calculada supere el nivel de la dosis oral de referencia establecida por la EPA, 0,8 de $\mu\text{g/kg/día}$, la ingesta diaria admisible (JECFA), 0,6 $\mu\text{g/kg/día}$, o la que ha establecido la OMS de 0,17 $\mu\text{g/kg/día}$. La ingesta del percentil 95 (alto) de la población es de entre 2,03 y 3,93 ng/kg/día, según el grupo de población considerado.

10.5 Evolución 2000 - 2005

10.5.1 Concentración

Las figuras 29 y 30 muestran la comparación de las medias de concentración de hexaclorobenceno entre los dos estudios realizados. Se detecta un incremento de concentraciones en la mayoría de grupos: pescado y marisco, aceites y grasas, tubérculos, leche, pan y cereales, frutas y legumbres. Los valores disminuyen en la carne y los derivados lácteos.

Figura 29. Concentración media de HCB en alimentos. Comparación 2000 - 2005.**Figura 30.** Concentración media de HCB en alimentos. Comparación 2000 - 2005.

10.5.2 Ingesta

La tabla 79 muestra la evolución de la ingesta de hexaclorobenceno entre los dos estudios de dieta total, tomando como referencia al hombre adulto. Como se puede observar, el descenso es muy notable y general (57%). La ingesta total de hexaclorobenceno estimada para un individuo estándar es de 71,62 ng/día, valor bastante más bajo que el estimado en el año 2000 de 166,2 ng/día. Cabe destacar el importante descenso en la ingesta en los derivados lácteos (67%).

Tabla 79. Evolución de la ingesta de HCB. 2000 - 2005

Alimentos	Consumo de alimento g/día		Ingesta de HCB ng/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	31,98	12,83
Pescado y marisco	92	67,53	23,59	14,70
Verduras y hortalizas	226	159,7	1,31	0,94
Tubérculos	74	73,06	0,10	0,56
Frutas	239	193,6	0,17	1,05
Huevos	34	31,29	6,26	5,47
Leche	217	128,4	2,80	7,57
Derivados lácteos	106	75,62	92,15	8,74
Pan y cereales	206	224,3	2,19	10,17
Legumbres	24	30,36	0,01	0,42
Aceites y grasas	41	27,16	5,61	4,50
Bollería		45,45		4,68
Total alimentos considerados	1.444	1.228	166,2	71,62

10.6 Otros estudios

En la tabla 80 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 80. Ingesta diaria de HCB. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	ng/día	Autores
Cataluña	72	El presente estudio
Japón	114	Darnerud, PO y col., 2006
China	560	Nakata, H y col., 2002
Cataluña	166	Estudio 2000
País Vasco	203	Urieta, I y col., 1996
Holanda	98 - 217	Brussaard, J y col., 1996
Suecia	350	Vaz, R, 1995
Australia	280	Kannan, K y col., 1994
India	126	Kannan, K y col., 1992
Inglaterra	210	Burton, M y col., 1987
Holanda	1.001	Greve, PA, 1986
Finlandia	1.694	Moilanen, R y col., 1986

11 Éteres difenólicos polibromados (PBDE)

11.1 Resultados de los análisis de alimentos

Las concentraciones de PBDE detectadas en los grupos de alimentos se presentan en la tabla 81. Las concentraciones más elevadas de PBDE se detectan en el grupo del pescado y el marisco y el de aceites y grasas, con concentraciones medias de 563,9 ng/kg y 359,3 ng/kg respectivamente. Por otro lado, las menores concentraciones se hallan en el grupo de las verduras, las frutas y la leche, con medias de 23,92 ng/kg, 19,00 ng/kg y 11,35 ng/kg respectivamente.

Tabla 81. Concentración de PBDE. Valores medios.

	Carne y derivados	Pescado y marisco	Verduras y hortalizas	Tubérculos	Frutas	Huevos	Leche	Derivados lácteos	Pan y cereales	Legumbres	Aceites y grasas	Bollería
Tetra - BDE	8,09	289,4	2,54	6,80	2,81	10,01	1,65	8,65	5,63	4,45	45,25	14,67
Penta - BDE	11,04	154,2	3,33	15,10	3,76	13,55	1,60	9,18	5,39	4,05	61,50	16,10
Hexa - BDE	6,21	106,4	3,23	5,00	2,43	14,60	1,62	9,85	5,25	4,30	50,50	13,87
Hepta - BDE	5,28	6,74	3,23	5,00	2,50	12,85	1,62	9,85	5,25	4,30	50,50	12,57
Octa - BDE	19,30	7,20	11,60	15,00	7,50	43,80	4,86	29,55	15,75	12,90	151,5	41,60
Sum PBDE	49,92	563,9	23,92	46,90	19,00	94,80	11,35	67,08	37,27	30,00	359,3	98,80

En ng/kg de peso fresco

En lo que al contenido total de PBDE se refiere, el grupo del pescado y el marisco es el que presenta en general las concentraciones más elevadas. La más alta se detecta en el salmón, con 2.015 ng/kg de peso fresco, seguido de la caballa con 1.124 ng/kg. Las concentraciones más bajas se encuentran en los grupos de verduras, frutas y leche, en particular en la coliflor, la pera y la leche semidesnatada con 15,10 ng/kg, 14,70 ng/kg y 9,84 ng/kg de peso fresco respectivamente.

11.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

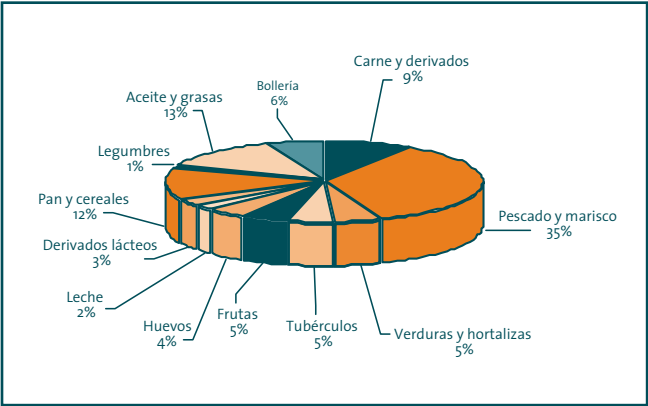
La tabla 82 muestra la ingesta diaria de PBDE para un hombre adulto por grupos de alimentos, que se estima en 75,45 ng/día con una destacada contribución de los grupos del pescado y el marisco, los aceites y las grasas, y el pan y los cereales.

Tabla 82. Ingesta estimada de PBDE en el hombre adulto por grupos de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de PBDE
	g/día	ng/día
Carne y derivados	171,9	6,83
Pescado y marisco	67,53	26,47
Verduras y hortalizas	159,7	3,66
Tubérculos	73,06	3,43
Frutas	193,6	3,82
Huevos	31,29	2,97
Leche	128,4	1,53
Derivados lácteos	75,62	2,38
Pan y cereales	224,3	9,43
Legumbres	30,36	0,91
Aceites y grasas	27,16	9,56
Bollería	45,45	4,46
Total alimentos estudio	987,9	61,77
Total alimentos considerado	1.228	75,45

En la figura 31 se presenta la contribución porcentual de los diferentes tipos de alimentos a la ingesta diaria de PBDE.

Figura 31. Aportación porcentual de los grupos de alimentos a la ingesta diaria



11.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

En tabla 83 se presenta la ingesta diaria estimada de PBDE a través de los alimentos para los distintos grupos de población, según edad y sexo.

Tabla 83. Ingesta diaria estimada de PBDE de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta diaria de PBDE
Hombres	75,45
Mujeres	69,16
Niños y niñas	62,08
Chicos adolescentes	72,90
Chicas adolescentes	59,42
Hombres mayores de 65 años	70,41
Mujeres mayores de 65 años	61,56

En ng/día

Los hombres son el grupo de población con una ingesta diaria estimada de PBDE más elevada (75,45 ng/día). Encontramos valores muy próximos en el grupo de chicos adolescentes con 72,90 ng/día. El valor de ingesta más bajo corresponde al grupo de las chicas adolescentes, con 59,42 ng/día.

11.4 Evaluación del riesgo

En la tabla 84 se indica la ingesta diaria estimada de PBDE por consumo de alimentos en los diferentes grupos de población relativa al peso corporal.

Tabla 84. Ingesta de PBDE relativa al peso corporal

Grupo de población	Ingesta PBDE
Hombres	1,08
Mujeres	1,26
Niños y niñas	2,59
Chicos adolescentes	1,30
Chicas adolescentes	1,12
Hombres mayores de 65 años	1,08
Mujeres mayores de 65 años	1,03

En ng/kg/día

La ausencia de niveles de seguridad establecidos no permite, por ahora, realizar una evaluación científica del riesgo que puede suponer la ingesta de estos contaminantes.

Se puede hacer una aproximación al riesgo utilizando el valor conocido de LOAEL sugerido como límite para las mezclas de PBDE: 1 mg/kg/día. En todos los grupos de edad encontramos ingestas muy inferiores a este valor. En la tabla 85 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición a PBDE totales a través de la dieta.

Tabla 85. Ingesta relativa de PBDE totales por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,93	0,29	0,88	1,08	1,30	1,46	1,14	0,36	1,09	1,34	1,61	1,79
Mujeres	1,07	0,37	1,02	1,26	1,55	1,74	1,33	0,45	1,26	1,56	1,90	2,15
Chicos adolescentes	1,26	0,52	1,16	1,51	1,92	2,23	1,60	0,65	1,47	1,91	2,42	2,81
Chicas adolescentes	1,10	0,34	1,05	1,29	1,56	1,73	1,37	0,42	1,31	1,60	1,92	2,13
Hombres > de 65 años	0,89	0,27	0,85	1,04	1,25	1,38	1,07	0,32	1,03	1,25	1,49	1,64
Mujeres > de 65 años	0,94	0,37	0,87	1,12	1,42	1,65	1,14	0,44	1,07	1,36	1,71	1,97
TOTAL	1,02	0,35	0,96	1,21	1,49	1,66	1,26	0,42	1,19	1,48	1,82	2,03

En ng/kg/día

Se puede observar una coincidencia entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas (tabla 84). Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, dichos valores aumentan. En ningún caso, ni al considerar la variabilidad, ni en el peor escenario razonable que se crea al tener en cuenta las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y de concentración, se observa que la exposición calculada siquiera se aproxime al LOAEL antes mencionado de 1 mg/kg/día. El percentil 95 (alto) de la población realiza una ingesta de entre 1,64 y 2,81 ng/kg/día según el grupo de población considerado.

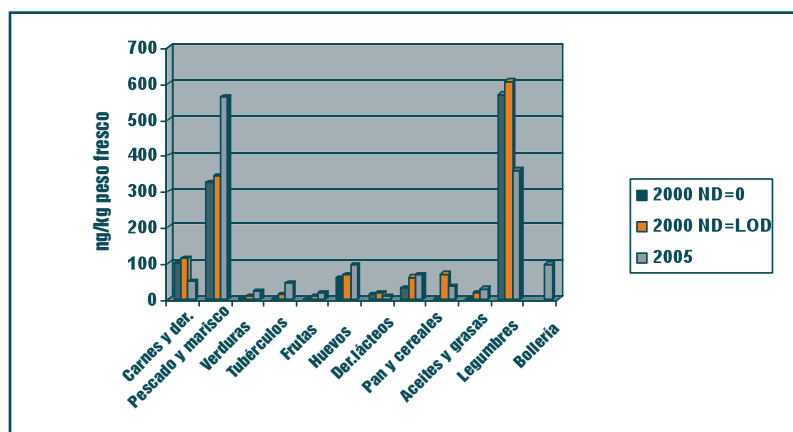
11.5 Evolución 2000 - 2005

11.5.1 Concentración

La figura 32 indica las variaciones en la concentración media de PBDE en el conjunto de alimentos estudiados en ambos trabajos.

En general, las concentraciones han experimentado un aumento, especialmente acusado en el caso de los tubérculos, que han aumentado en un factor de 6. Por otro lado, destaca la disminución detectada en carne y derivados, leche, y aceites y grasas.

Figura 32. Concentración media de PBDE en alimentos. Comparación 2000 - 2005.



* 2005:ND= LOD

11.5.2 Ingesta

En la tabla 86 se puede observar la variación en la ingesta diaria de PBDE entre los estudios de 2000 y 2005. La ingesta total estimada disminuye del rango 81-112 ng/día del 2000 a 75,45 ng/día del estudio actual, lo que representa una reducción del 22%.

Se observa un declive sustancial en la ingesta de PBDE a través de los alimentos. Al valorar este cambio hay que ponderar también el descenso en la ingesta de pescado y marisco de la población estándar en Cataluña, que ha pasado de 92 g/día al año en 2000 a 68 g/día en 2005.

Tabla 86. Evolución de la ingesta de PBDE. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento g/día		Ingesta de PBDE ng/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	18,94 - 21,50	6,83
Pescado y marisco	92	67,53	29,93 - 31,52	26,47
Verduras y hortalizas	226	159,7	1,18 - 2,37	3,66
Tubérculos	74	73,06	0,00 - 1,10	3,43
Frutas	239	193,6	0,00 - 2,75	3,82
Huevos	34	31,29	1,98 - 2,38	2,97
Leche	217	128,4	2,86 - 4,49	1,53
Derivados lácteos	106	75,62	3,61 - 6,56	2,38
Pan y cereales	206	224,3	0,00 - 14,73	9,43
Legumbres	24	30,36	0,05 - 0,47	0,91
Aceites y grasas	41	27,16	23,35 - 24,85	9,56
Bollería		45,45		4,46
Total alimentos considerado	1.444	1.228	81,9 - 112,7	75,45

11.6 Otros estudios

En la tabla 87 se presentan los datos de algunos estudios similares de otros países que, pese a que las comparaciones resultan difíciles por la disparidad de metodologías y diseño de los mismos, nos permiten situarnos en el entorno.

Tabla 87. Ingesta diaria de PBDE. Comparativa con otros estudios de ingesta.

País	ng/día	Autores
Cataluña	75,45	El presente estudio
Bélgica	23-48	Voorspoels, S y col., 2007
España	38,5	Gómara, G y col., 2006
Suecia	51	Darnerud, PO y col., 2006
EE.UU.	14,9 - 44,7	Huwe, JK y col., 2005
Reino Unido y Canadá	90,5	Wijesekera, JK y col., 2002
Reino Unido y Canadá	44	Ryan, JK y col., 2001
Cataluña	82 - 113	Estudio 2000

12 Éteres difenólicos policlorados (PCDE)

12.1 Resultados de los análisis de alimentos

En la tabla 88 se muestran los valores medios hallados para cada uno de los grupos de alimentos. Los niveles más elevados se han encontrado en el grupo del pescado y el marisco: salmonete, sardina, boquerón y atún con 7.088 ng/kg, 1.829 ng/kg, 1.606 ng/kg y 1.292 ng/kg de peso fresco respectivamente. Las concentraciones más bajas se encuentran en las frutas y las verduras con unas concentraciones medias de 0,376 y 0,813 ng/kg respectivamente.

Tabla 88. Concentración de PCDE. Valores medios de los grupos de alimentos.

	Carne y derivados	Pescado y marisco	Verduras y hortalizas	Tubérculos	Frutas	Huevos	Leche	Derivados lácteos	Pan y cereales	Legumbres	Aceites y grasas	Bollería
Tetra - CDE	0,245	62,46	0,411	0,125	0,063	0,250	0,420	0,246	1,13	0,188	1,60	0,347
Penta - CDE	0,169	194,9	0,081	0,125	0,063	0,250	0,041	0,246	0,131	0,108	1,26	0,347
Hexa - CDE	0,171	363,6	0,081	0,125	0,063	0,250	0,123	0,674	0,131	0,108	1,68	0,347
Hepta - CDE	0,376	290,3	0,081	0,125	0,063	0,250	0,041	0,246	0,131	0,108	1,26	0,347
Octa - CDE	0,539	183,4	0,161	0,250	0,126	0,505	0,080	0,498	0,264	0,215	2,53	0,683
Sum PCDE	1,50	1.095	0,813	0,750	0,376	1,51	0,704	1,91	1,79	0,725	8,33	2,07

En ng/kg de peso fresco

12.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

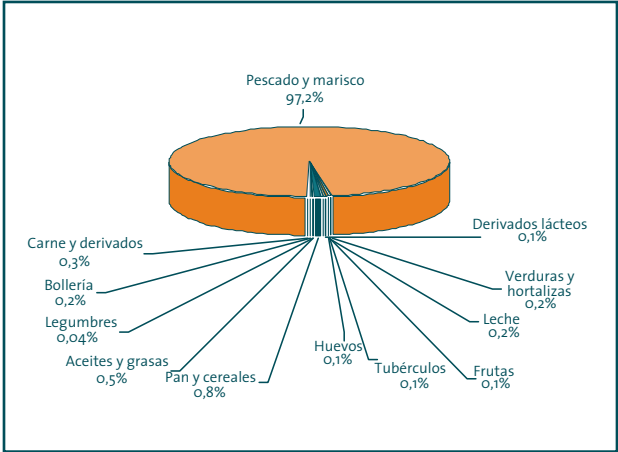
La ingesta diaria estimada de PCDE para un hombre adulto se estima en 51,68 ng/día. El grupo de alimentos que aporta la mayor parte de PCDE a la dieta es el del pescado y el marisco. El atún, la merluza y la sardina son los alimentos que más contribuyen a la ingesta de PCDE, con 13,09 ng/día, 7,26 ng/día y 6,91 ng/día de peso fresco respectivamente.

En la tabla 89 se muestra el resumen de la ingesta diaria de PCDE para un hombre adulto por grupos de alimentos. Se puede observar la contribución del grupo del pescado y el marisco, seguido a distancia por el grupo del pan y los cereales y el de los aceites y las grasas. En la figura 33 se puede apreciar la distribución porcentual de la aportación a la ingesta diaria de cada grupo de alimentos. En ésta última se observa cómo la contribución del pescado se eleva al 97,2%.

Tabla 89. Ingesta diaria de PCDE en un hombre adulto.

Alimentos	Consumo de alimento g/día	Ingesta de PCDE ng/día
Carne y derivados	171,9	0,176
Pescado y marisco	67,53	50,24
Verduras y hortalizas	159,7	0,127
Tubérculos	73,06	0,055
Frutas	193,6	0,077
Huevos	31,29	0,047
Leche	128,4	0,110
Derivados lácteos	75,62	0,064
Pan y cereales	224,3	0,431
Legumbres	30,36	0,022
Aceites y grasas	27,16	0,238
Bollería	45,45	0,092
Total alimentos estudio	987,9	40,62
Total alimentos considerado	1.228	51,68

Figura 33. Contribución de los grupos de alimentos a la ingesta diaria de PCDE.



12.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 90 muestra la ingesta estimada de PCDE para los distintos grupos de población, según edad y sexo. El grupo de población con más ingesta estimada de PCDE es el de hombres con 51,68 ng/día, mientras que el grupo con menos ingesta corresponde al de los niños y las niñas con 22,19 ng/día.

Tabla 90. Ingesta diaria estimada de PCDE de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta de PCDE
Hombres	51,68
Mujeres	47,02
Niños y niñas	22,19
Chicos adolescentes	31,98
Chicas adolescentes	38,90
Hombres mayores de 65 años	50,17
Mujeres mayores de 65 años	43,65

En ng/día

12.4 Evaluación del riesgo

En la tabla 91 se presenta la ingesta diaria estimada por consumo de alimentos de PCDE en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal. Como es habitual, al realizar este tipo de cálculo, los niños y las niñas presentan el valor más elevado.

Tabla 91. Ingesta diaria de PCDE relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta de PCDE
Hombres	0,74
Mujeres	0,85
Niños y niñas	0,92
Chicos adolescentes	0,57
Chicas adolescentes	0,73
Hombres mayores de 65 años	0,77
Mujeres mayores de 65 años	0,73

En ng/kg/día

En la tabla 92 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición a PCDE a través de la dieta.

Tabla 92. Ingesta relativa de PCDE por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre c*Q					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,69	0,40	0,62	0,89	1,22	1,44	0,83	0,47	0,75	1,08	1,45	1,70
Mujeres	0,81	0,45	0,72	1,04	1,41	1,67	0,98	0,54	0,88	1,26	1,69	1,99
Chicos adolescentes	0,64	0,44	0,53	0,84	1,23	1,50	0,74	0,49	0,63	0,98	1,40	1,68
Chicas adolescentes	0,76	0,46	0,68	1,00	1,38	1,61	1,04	0,62	0,93	1,36	1,88	2,20
Hombres > de 65 años	0,71	0,39	0,63	0,90	1,22	1,44	0,90	0,48	0,81	1,15	1,53	1,81
Mujeres > de 65 años	0,75	0,49	0,65	0,98	1,37	1,69	0,93	0,58	0,81	1,20	1,66	2,05
TOTAL	0,75	0,45	0,66	0,96	1,34	1,60	0,90	0,53	0,80	1,15	1,57	1,89

En ng/kg/día

Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas. Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, los valores aumentan. El percentil 95 (alto) de la población realiza una ingesta de entre 1,68-2,05 ng/kg/día, según el grupo de población estudiado.

No se dispone aún de suficientes datos toxicológicos que permitan establecer unos límites o niveles de seguridad para estos contaminantes por lo que no es posible realizar una evaluación, ni con métodos deterministas ni probabilísticos, del riesgo que supone ingerir PCDE a través de la dieta.

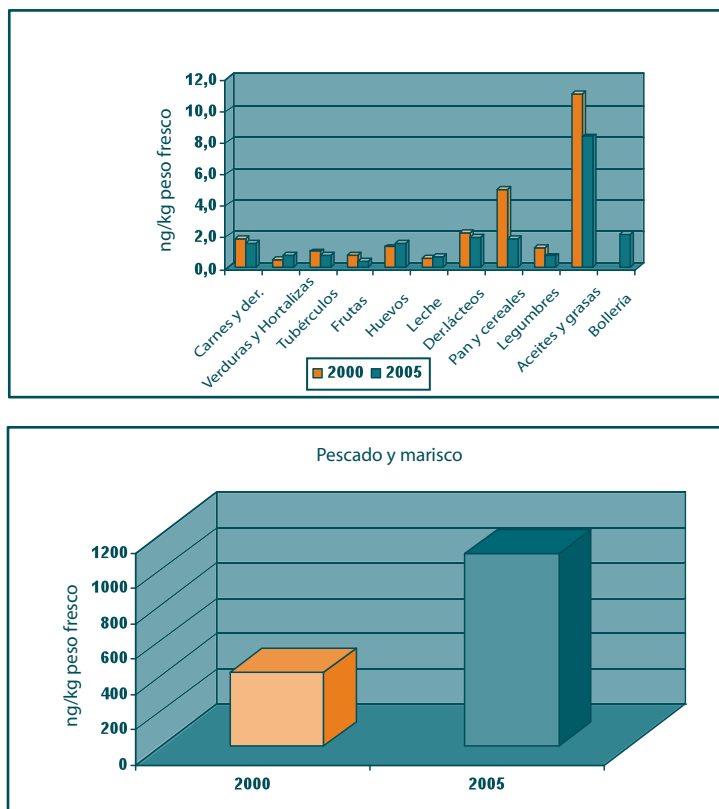
12.5 Evolución 2000 - 2005

12.5.1 Concentración

En la figura 34 se muestra la comparación de las medias de concentración de PCDE entre los dos estudios realizados, pero separando el grupo del pescado y el marisco puesto que la escala de valores que presenta difiere mucho de la del resto.

En cuanto a la concentración, se puede observar un aumento importante en el caso del pescado. También se incrementa el contenido en el grupo de las verduras, los huevos y la leche. Por otro lado, para el resto de alimentos se aprecian disminuciones: carne y derivados, tubérculos, frutas, derivados lácteos, pan y cereales, legumbres, y aceites y grasas.

Figura 34. Variación en la concentración media de PCDE en alimentos. Comparación 2000 - 2005.



12.5.2 Ingesta

La tabla 93 muestra la evolución de la ingesta de PCDE entre los dos estudios. Como se puede observar, hay un ligero aumento en la ingesta de PCDE actual. La ingesta total de PCDE estimada en el estudio actual para el hombre adulto es de 51,68 ng/día, valor ligeramente superior al estimado en 2000, que fue de 41,04 ng/día. Este incremento del 26% se debe principalmente a la contribución del pescado y el marisco. Pese a que el consumo de pescado ha disminuido un 26 % entre la población, el número de especies incluidas en el estudio se ha incrementado de 3 a 14.

Tabla 93. Evolución de la ingesta de PCDE. 2000 - 2005.

Alimentos	Consumo de alimento		Ingesta de PCDE	
	g/día		ng/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	0,336	0,176
Pescado y marisco	92	67,53	38,43	50,24
Verduras y hortalizas	226	159,7	0,116	0,127
Tubérculos	74	73,06	0,075	0,055
Frutas	239	193,6	0,189	0,077
Huevos	34	31,29	0,044	0,047
Leche	217	128,4	0,127	0,110
Derivados lácteos	106	75,62	0,230	0,064
Pan y cereales	206	224,3	1,01	0,431
Legumbres	24	30,36	0,030	0,022
Aceites y grasas	41	27,16	0,451	0,238
Bollería		45,45		0,092
Total alimentos considerado	1.444	1.228	41,04	51,68

12.6 Otros estudios

No se han realizado otros estudios de ingesta, por lo que no ha resultado posible comparar los resultados.

13 Naftalenos policlorados (PCN)

13.1 Resultados de los análisis de alimentos

Los análisis de las muestras de alimentos se han realizado para los diferentes grupos de congéneres que resultan según el grado de cloración de la molécula base: tetraclorados, pentaclorados, hexaclorados, heptaclorados y octaclorados. Así, cada uno de los valores obtenidos representa el nivel de contaminación resultante del conjunto de todos los congéneres del mismo grupo que se encuentran en la muestra y que se expresan como sumatorio de todos ellos: tetraCN, pentaCN, hexaCN, heptaCN i octaCN respectivamente.

Las concentraciones de PCN en los distintos grupos de alimentos estudiados se presentan en la tabla 94.

Tabla 94. Concentració de PCN. Valors mitjana dels grups d'aliments

	Carnes y derivados	Pescado y marisco	Verduras y hortalizas	Tubérculos	Frutas	Huevos	Leche	Derivados lácteos	Pan y cereales	Legumbres	Aceites y grasas	Bollería
TetraCN	1,73	15,31	1,26	0,913	0,584	2,51	0,559	6,72	5,69	6,98	12,44	10,43
PentaCN	0,601	28,38	0,538	0,359	0,236	1,01	0,140	3,31	1,78	2,38	4,91	2,95
HexaCN	0,172	2,98	0,154	0,239	0,093	0,251	0,070	1,26	0,208	0,390	1,61	0,998
HeptaCN	0,151	0,307	0,264	0,465	0,196	0,251	0,035	0,220	0,186	0,353	1,24	0,614
OctaCN	0,151	0,129	0,080	0,216	0,081	0,251	0,035	0,220	0,136	0,104	1,24	0,313
Total PCN	2,80	47,06	2,29	2,19	1,19	4,28	0,838	11,74	7,99	10,20	21,45	15,31

En ng/kg de peso fresco

En cuanto al contenido total de PCN, el grupo del pescado y el marisco es el que, en general, presenta concentraciones más elevadas. La más alta es la del salmón con 226,9 ng/kg de peso fresco, seguido de la caballa con 95,00 ng/kg. El salmonete, el emperador y el lenguado presentan concentraciones de entre 50 y 70 ng/kg. Las concentraciones más bajas se encuentran en los grupos de las frutas y la leche, con concentraciones medias de 1,19 y 0,838 ng/kg de peso fresco respectivamente. Por grupos de congéneres, son mayoritarios los tetraCN y los pentaCN.

13.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

La ingesta estimada de PCN a través del consumo de alimentos es de 7,25 ng/día. El pan, el aceite de oliva y el salmón son los alimentos que más contribuyen a la ingesta diaria, con 1,00 ng/día, 0,49 ng/día y 0,41 ng/día respectivamente.

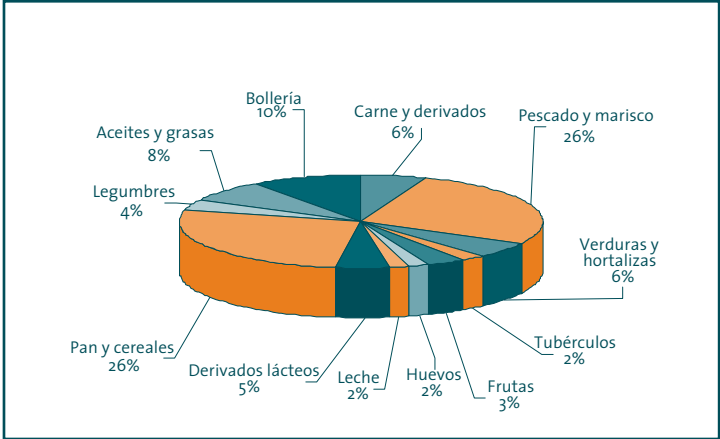
La tabla 95 muestra el resumen de la ingesta diaria de PCN para un hombre adulto por grupos de alimentos. Se puede observar la contribución destacada del grupo del pescado y el marisco, y el del pan y los cereales.

En la figura 35 se presenta el porcentaje de contribución de los diferentes tipos de alimentos a la ingesta diaria de PCN.

Tabla 95. Ingesta estimada de PCN para un hombre adulto. Resumen por grupo de alimentos.

Alimentos	Consumo de alimento	Ingesta de PCN
	g/día	ng/día
Carne y derivados	171,9	0,424
Pescado y marisco	67,53	1,95
Verduras y hortalizas	159,7	0,399
Tubérculos	73,06	0,160
Frutas	193,6	0,249
Huevos	31,29	0,134
Leche	128,4	0,124
Derivados lácteos	75,62	0,346
Pan y cereales	224,3	1,92
Legumbres	30,36	0,286
Aceites y grasas	27,16	0,558
Bollería	45,45	0,695
Total alimentos estudio	987,9	5,81
Total alimentos considerado	1.228	7,25

Figura 35. Contribución de los grupos de alimentos a la ingesta diaria de PCN.



13.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 96 muestra la ingesta estimada de PCN para los diferentes grupos de población, según edad y sexo.

Tabla 96. Ingesta diaria estimada de PCN de los distintos grupos de población.

Grupo de población	Ingesta PCN
Hombres	7,25
Mujeres	6,58
Niños y niñas	6,25
Chicos adolescentes	7,91
Chicas adolescentes	5,98
Hombres mayores de 65 años	6,54
Mujeres mayores de 65 años	5,56

En ng/día

El de los chicos adolescentes es el grupo de población con una ingesta diaria estimada más elevada con 7,91 ng/día, seguidos de cerca por el de los hombres adultos. El valor de ingesta más bajo corresponde al grupo de las mujeres mayores de 65 años, con 5,56 ng/día. Esta marcada diferencia, observable con menor intensidad en otros grupos, se debe, principalmente a un consumo más elevado de carne y derivados, pan y cereales, y bollería en los niños y niñas y los adolescentes con respecto a las personas mayores.

13.4 Evaluación del riesgo

La tabla 97 presenta la ingesta diaria estimada de PCN por consumo de alimentos relativa al peso corporal para los distintos grupos de población estudiados, según edad y sexo. Como en casos anteriores, al expresar la ingesta en función del peso corporal, el valor correspondiente a los niños y las niñas es bastante mayor que el resto.

La ausencia de niveles de seguridad establecidos no permite, por ahora, evaluar el riesgo que puede suponer la ingesta de estos contaminantes.

Tabla 97. Ingesta de PCN relativa al peso corporal.

Grupo de población	Ingesta PCN
Hombres	0,104
Mujeres	0,120
Niños y niñas	0,260
Chicos adolescentes	0,141
Chicas adolescentes	0,113
Hombres mayores de 65 años	0,101
Mujeres mayores de 65 años	0,093

En ng/kg/día

En la tabla 98 se presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición a PCN a través de la dieta.

Tabla 98. Ingesta relativa de PCN por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.

Grupo de población	Variabilidad						Incertidumbre					
	media	SD	P50	P75	P90	P95	media	SD	P50	P75	P90	P95
Hombres	0,102	0,029	0,098	0,118	0,139	0,155	0,119	0,034	0,115	0,138	0,163	0,182
Mujeres	0,119	0,036	0,113	0,138	0,165	0,185	0,141	0,044	0,134	0,165	0,199	0,222
Chicos adolescentes	0,149	0,057	0,139	0,178	0,221	0,252	0,177	0,068	0,165	0,212	0,264	0,301
Chicas adolescentes	0,127	0,037	0,122	0,148	0,175	0,194	0,150	0,044	0,144	0,175	0,207	0,230
Hombres >de 65 años	0,094	0,026	0,091	0,109	0,129	0,141	0,110	0,030	0,106	0,128	0,151	0,166
Mujeres >de 65 años	0,099	0,034	0,094	0,117	0,142	0,162	0,114	0,039	0,108	0,134	0,164	0,186
TOTAL	0,115	0,037	0,109	0,135	0,164	0,185	0,135	0,044	0,128	0,159	0,193	0,218

En ng/kg/día

Se puede observar una coincidencia considerable entre los valores de las medias del estudio probabilístico y los cálculos deterministas. Lógicamente, al tener en cuenta la incertidumbre, estos valores aumentan.

Aún no se dispone para estos contaminantes de suficientes datos toxicológicos que permitan establecer unos límites o niveles de seguridad, por lo que no se puede realizar una evaluación del riesgo que supone la ingesta

de PCN a través de la dieta ni por métodos deterministas ni probabilísticos. El percentil 95 (alto) de la población realiza una ingesta entre 0,186-0,301 ng/kg/día, según el grupo de población considerado.

13.5 Evolución 2000 - 2005

13.5.1 Concentración

Las figuras 36 y 37 muestran la concentración media de PCN en los alimentos estudiados en los dos estudios.

En general, las concentraciones han experimentado una disminución importante en algunos grupos que aportan mucho a la dieta. Han disminuido la concentración en carnes y derivados, verduras, tubérculos, huevos, derivados lácteos, pan y cereales y con especial importancia en aceites y grasas. Aumentan los valores correspondientes a pescado y marisco, frutas, leche y legumbres.

Figura 36. Variación de la concentración media de PCN en alimentos. Comparación 2000 - 2005.

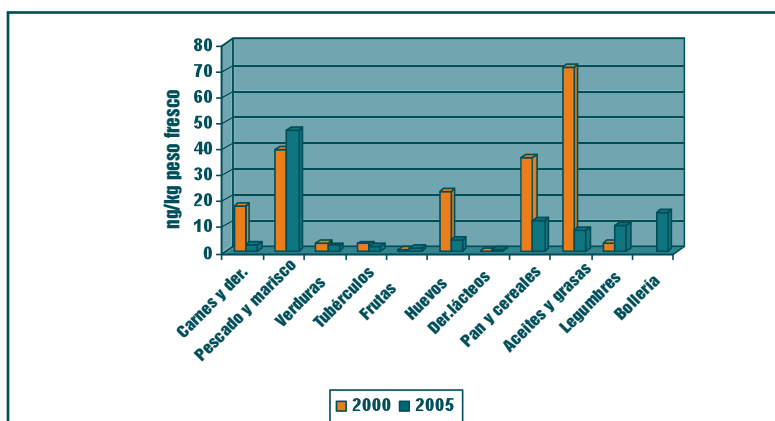
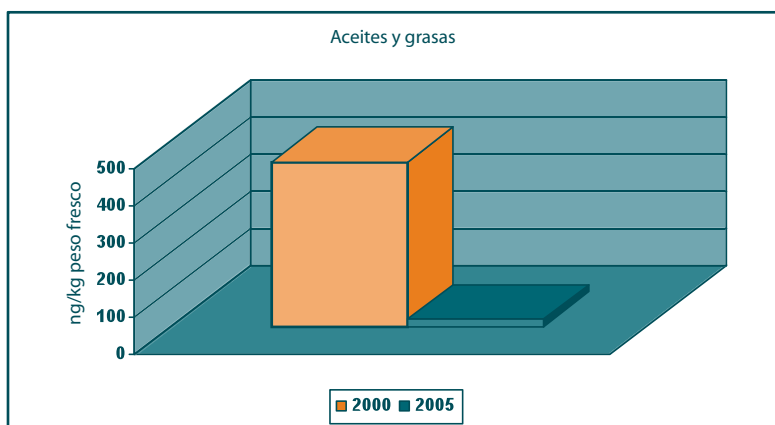


Figura 37. Variación de la concentración media de PCN en aceites y grasas. Comparación 2000 - 2005.



13.5.2 Ingesta

La ingesta total estimada para el año 2005 para un hombre adulto es de 7,25 ng/día, mientras que en el estudio del 2000 se obtuvo un valor muy superior, de 45,78 ng/día, como se puede observar en la tabla 99. Esta marcada reducción observada (del 84% respecto a los valores obtenidos previamente) es mayoritariamente atribuible a los descensos de concentración observados en los cereales y en el grupo de aceites y grasas.

Al valorar este cambio, también se debe ponderar el importante descenso en la ingesta de pescado y marisco de la población en Cataluña, que ha pasado de 92 g/día en 2000 a 68 g/día en 2005.

Tabla 99. Evolucionó de la ingesta de PCN. 2000 - 2005

Alimentos	Consumo de alimentos g/día		Ingesta de PCN ng/día	
	2000	Encat 2003	2000	2005
Carne y derivados	185	171,9	3,25	0,424
Pescado y marisco	92	67,53	3,63	1,95
Verduras y hortalizas	226	159,7	0,76	0,399
Tubérculos	74	73,06	0,21	0,160
Frutas	239	193,6	0,17	0,249
Huevos	34	31,29	0,80	0,134
Leche	217	128,4	0,08	0,124
Derivados lácteos	106	75,62	3,82	0,346
Pan y cereales	206	224,3	14,64	1,92
Legumbres	24	30,36	0,08	0,286
Aceites y grasas	41	27,16	18,33	0,558
Bollería		45,45		0,695
Total alimentos considerado	1.444	1.228	45,78	7,25

13.6 Otros estudios

No existen estudios de dieta total que prevean la ingesta de PCN. La bibliografía existente sólo hace referencia a concentraciones de PCN en pescado que no dan una idea de la ingesta diaria global.

14 Resumen y conclusiones

14.1 Concentración en alimentos y contribución a la ingesta

- **Arsénico:** sólo se han detectado cantidades significativas en el grupo de pescado y marisco y en las muestras de arroz. La ingesta diaria de arsénico total se estima en 263,8 µg/día, y la de arsénico inorgánico en 16,25 µg/día, de los que el 35% proviene de la ingesta de pescado y un 42% de los cereales. La EFSA también ha identificado estos dos grupos de alimentos entre los principales contribuyentes a la exposición dietética en la población europea.
- **Cadmio:** los niveles más elevados se detectan en las legumbres y el pescado. La ingesta diaria de cadmio se estima en 17,19 µg/día. Las aportaciones más significativas se deben al grupo del pan y los cereales (25%), las legumbres (18%) y la carne (17%).
- **Mercurio:** sólo se hallan valores considerables en el grupo de pescado y marisco y las legumbres. La ingesta dietética estimada de mercurio total es de 18,58 µg/día. La ingesta de metilmercurio es de 11,35 µg/día y se debe prácticamente en exclusiva al consumo de pescado.
- **Plomo:** las concentraciones más elevadas se detectan en el grupo de los aceites y las grasas y el del pescado y marisco. La ingesta dietética de plomo es de 20,63 µg/día y los grupos que más aportan a la dieta son el de la carne y derivados y el de pan y cereales.
- **Dioxinas y furanos:** los valores medios más elevados se han encontrado en las muestras de aceites y grasas y en las de pescado y marisco. La ingesta diaria estimada es de 25,65 pg OMS-TEQ/día. La contribución más importante a la ingesta corresponde al pescado y marisco, seguido del grupo del pan y los cereales.
- **Bifenilos policlorados:** los grupos de alimentos con concentraciones medias más elevadas son los del pescado y el marisco y el de los aceites y las grasas. En términos de TEQ, los principales congéneres detectados son el 126 y el 169, con un claro predominio del primero. Entre los dos suman más de un 90% del contenido de todos los grupos de alimentos. La principal contribución a la ingesta diaria de PCB se debe al pescado y el marisco (74%), seguido de los aceites y grasas (4,7%) y de la carne y derivados (4,3%).
- **Dioxinas y bifenilos policlorados similares a las dioxinas:** globalmente, los alimentos que presentan concentraciones conjuntas más elevadas son también el pescado y el marisco y los aceites y grasas. La contribución mayoritaria a la ingesta diaria global corresponde al pescado y el marisco (58%), seguido del pan y los cereales (11%), los aceites y las grasas (6,4%) y la carne y derivados (6,2%).
- **Bifenilos policlorados no similares a dioxinas:** el grupo de pescado y marisco es el que presenta las concentraciones más elevadas. En cuanto a la contribución a la ingesta diaria, el grupo que más aporta sigue siendo el del pescado y el marisco (89,9%), seguido en este caso por el del pan y los cereales (2,6%). Se observa que la proporción entre PCB DL y PCB NDL es mayoritaria para PCB NDL en todos los alimentos.
- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos:** Las concentraciones más elevadas de los dieciséis compuestos analizados se han detectado en la carne y derivados, seguidos del grupo de los aceites y las grasas y el del pan y los cereales. En cuanto al cómputo de HAP8 carcinogénicos, las concentraciones más elevadas se han encontrado en el grupo de aceites y grasas, seguido de la carne y derivados y el de pescado y marisco.

Comparando la proporción de HAP carcinogénicos y no carcinogénicos, se observa que la gran mayoría de los HAP presentes son no carcinogénicos. La ingesta diaria estimada de HAP total es de 12,04 µg/día, siendo el grupo del pan y los cereales el que más aporta (45,4%) seguido del grupo de la carne y derivados (27,3%) y los aceites y grasas (7%). La ingesta diaria estimada de HAP8 carcinogénicos es de 0,94 µg/día, siendo el de la carne y derivados el grupo principal (32,6%), seguido del de pan y cereales (16,6%) y el de aceites y grasas (11,4%).

- Hexaclorobenceno: Los niveles más elevados se han encontrado en el grupo del pescado y el marisco, en el grupo de los aceites y grasas, y en el de derivados lácteos, en el que destaca, como en el estudio anterior, el queso. La ingesta diaria estimada para un hombre adulto es de 71,62 ng/día. El grupo de alimentos que contribuye mayoritariamente a la ingesta es el del pescado y el marisco (20,5%), seguido del de la carne y derivados (17,9%) y el de pan y cereales (14,2%).
- Éteres difenílicos polibromados: Las concentraciones más elevadas de PBDE se detectan en el grupo del pescado y el marisco y en el de aceites y grasas. La ingesta diaria se estima en 75,45 ng/día, siendo el grupo del pescado y el marisco el que más aporta a la dieta (35%), seguido del pan y los cereales (12%) y la carne y derivados (9%).
- Éteres difenílicos policlorados: Los niveles más elevados se han encontrado en el grupo del pescado y el marisco; las concentraciones más bajas se hallaron en el grupo de las frutas y verduras. La ingesta diaria estimada para un hombre adulto es de 51,68 ng/día. El grupo de alimentos que contribuye en mayor grado a la dieta es el del pescado y el marisco (97,2%).
- Naftalenos policlorados: en cuanto a la concentración global de todos los congéneres analizados, el grupo del pescado y el marisco es el que presenta las concentraciones más elevadas, seguido de los aceites y las grasas. Los congéneres tetra y penta clorados son mayoritarios en todos los grupos de alimentos estudiados. La ingesta dietética estimada para un hombre adulto es de 7,25 ng/día. Los principales grupos de alimentos que contribuyen a su ingesta son el pan y los cereales (26%), el pescado y el marisco (26%), bollería (10%) y aceites y grasas (8%).

En la tabla 100 se presenta una gradación cualitativa de la aportación a la ingesta de contaminantes de cada grupo de alimentos de acuerdo con los datos obtenidos en el estudio. En cifras, se indica la importancia de cada grupo en la ingesta de un contaminante. Así, el número 1 indica la mayor aportación.

Para la mayoría de contaminantes se constata un predominio del pescado y el marisco, salvo en el caso del cadmio, cuyo principal grupo aportador es el del pan y derivados, y el del plomo y los HAP, en los que la carne y derivados son los alimentos que más aportan.

Tabla 100. Contribución de los alimentos a la ingesta diaria de contaminantes.

	As inorgánico	Cd	Hg total	Pb	TEQ PCDD/F	PCB DL	PCB NDL	TEQ PCDD/F + PCB DL	HAP8 carc.	B(a)p	HCB	PBDE	PCDE	PCN
Carne y derivados	-	3	-	1	2	2	2	2	1++	1++	2	3	2	3
Pescado y marisco	1+++	3	1++	2	1	1+++	1+++	1+++	3	4	1	1+++	1+++	1+
Verduras y hortalizas	-	4	-	2	3	4	3	4	5	3	6	4	3	3
Tubérculos	-	2	-	3	4	4	4	4	6	5	6	4	3	4
Frutas	-	-	-	2	4	4	4	4	5	5	6	4	3	3
Huevos	-	-	-	5	4	4	3	5	5	6	5	4	3	4
Leche	-	4	-	2	3	3	3	3	3	4	4	5	3	4
Derivados lácteos	-	-	-	3	2	3	2	3	5	2	4	4	3	3
Pan y cereales	2	1	-	2	1	2	2	2	2	6	3	2	2	1+
Legumbres	-	2	-	4	4	4	4	5	6	4	6	5	3	3
Aceites y grasas	-	-	-	4	2	2	2	2	2	4	5	2	2	2
Bollería	-	-	-	5	4	3	3	4	4	4	5	4	3	2

1: grupo de alimentos que más contribuyen

-: contribución no significativa

+++ : gran diferencia con el siguiente

14.2 Evaluación de la exposición

14.2.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

La evaluación de la seguridad de la exposición dietética a los contaminantes estudiados se realiza mediante la comparación con los valores toxicológicos de seguridad establecidos.

En la tabla 101 se presenta la proporción que representa la ingesta estimada respecto al valor de seguridad.

Como se puede observar, la exposición dietética se halla en todos los casos por debajo del nivel de seguridad. La ingesta de metilmercurio se sitúa en el 71% del nivel de seguridad. Los niños y las niñas superan este nivel y las mujeres se acercan mucho. Asimismo, la ingesta de cadmio representa un porcentaje elevado del nivel de seguridad, el 68%, de acuerdo con los nuevos valores de referencia que la EFSA ha establecido recientemente.

Tabla 101. Ingesta estimada y porcentaje respecto al valor de referencia.

CONTAMINANTE	INGESTA	NIVELES LS DE	% NIVEL
		REFERENCIA	REFERENCIA
Arsénico inorgánico (As)	1,48 µg/kg/semana	JECFA: 15 µg/kg/semana	9,9
	0,23 µg/kg/día	EFSA: BMDL ₀₁ : 0,3 - 8,0 µg/kg/día	76,6
Cadmio (Cd)	1,72 µg/kg/semana	2,5 µg/kg/ semana	68,8
Mercurio total (Hg)	1,86 µg/kg/ semana	5 µg/kg/ semana	37,2
Metilmercurio (CH ₃ Hg)	1,14 µg/kg/ semana	1,6 µg/kg/ semana	71,3
Plomo (Pb)	2,6 µg/kg/ semana	25 µg/kg/ semana	10,4
Dioxinas y bifenilos policlorados (PCDD/F y PCB DL)	1,12 pg OMS - TEQ/kg/día	1 - 4 pg OMS - TEQ/kg/día	27,9
	7,84 pg OMS - TEQ/kg/sem.	14 pg OMS - TEQ/kg/sem.	56,0
	33,7 pg OMS - TEQ/kg/mes	70 pg OMS - TEQ/kg/mes	48,1
Hexaclorobenceno (HCB)	0,00102 µg/kg/día	0,16 µg/kg/día	0,64

14.2.2 Evaluación probabilística

El análisis resultante tras valorar la variabilidad y las incertidumbres asociadas a los datos utilizados para el cálculo de la exposición a los contaminantes, como por ejemplo los de consumo de alimento y de concentración de contaminante, se presenta en la tabla 102. Las consideraciones más importantes que se desprenden de este análisis son las siguientes.

Para el arsénico inorgánico la aproximación probabilística nos indica que, considerando la variabilidad, el percentil 90 de la población se encuentra por debajo del nuevo margen de seguridad establecido por la EFSA. Este percentil se sitúa en el 75% para los adolescentes. Si además tenemos en cuenta la incertidumbre, el percentil disminuye al 75% para los adultos y al 50% para los adolescentes.

Para el cadmio el percentil 90 de la población adulta se encuentra por debajo del valor de seguridad recientemente establecido por la EFSA, valor que se halla en el percentil 75% para los adolescentes.

En cuanto a la exposición a mercurio total, el percentil 95 de todos los grupos de población estudiados no supera el valor de seguridad teniendo en cuenta variabilidad e incertidumbre.

Para el plomo, el percentil 95 de todos los grupos de la población es muy inferior al valor de seguridad teniendo en cuenta tanto la variabilidad como la incertidumbre.

La evaluación probabilística de la exposición a dioxinas/furanos y PCB DL nos muestra distintos percentiles y grupos de población en función del índice de referencia utilizado para la comparación. Así, en el peor escenario, la ingesta conjunta de dioxinas, furanos y PCB DL, el percentil 95 de la población adulta se encuentra por debajo del margen mensual de seguridad teniendo en cuenta la variabilidad y la incertidumbre. Este percentil disminuye al 90% para los chicos y las chicas adolescentes.

La evaluación probabilística de la exposición a HAP, HCB y PBDE indica unos amplios márgenes de seguridad respecto a los valores de seguridad establecidos.

Tabla 102. Resumen de la evaluación probabilística de la exposición.

Coincidencia medias*		% Población y niveles de seguridad	
		Variabilidad	Incertidumbre
As inorg.	Si	<ul style="list-style-type: none"> 10% población, 5% hombres mayores, 10% hombres, mujeres y mujeres mayores y 25% de los adolescentes > 0,3 µg/kg/día, EFSA 09 	<ul style="list-style-type: none"> 25% población, 10% hombres mayores, 25% hombres, mujeres y mujeres mayores y 50% adolescentes > 0,3 µg/kg/día, EFSA 09
Cd	Si	<ul style="list-style-type: none"> 10% población, 5% mujeres y mujeres mayores y 25% de los adolescentes > 2,5 µg/kg/sem, EFSA 09 	<ul style="list-style-type: none"> 10% población, 5% hombres mayores, 10% hombres, mujeres y mujeres mayores, 25% chicas adolescentes y 50% chicos adolescentes > 2,5 µg/kg/sem, EFSA 09
Hg total	Si	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 5 µg/kg/sem, JECFA 	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 5 µg/kg/sem, JECFA
Pb	Si, > probabilísticos en general	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 25 µg/kg/sem, JECFA 	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 25 µg/kg/sem, JECFA
PCDD/F	Si	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 1 -4 pg OMS -TEQ/kg/día, OMS 100% < 14 pg OMS -TEQ/kg/sem, OMS 100% < 70 pg OMS -TEQ/kg/mes, JECFA 	<ul style="list-style-type: none"> 10% chicos adolescentes = 1 -4 pg OMS -TEQ/kg/día, OMS 100% < 14 pg OMS -TEQ/kg/sem, OMS 100% < 70 pg OMS -TEQ/kg/mes, JECFA
PCB DL	Si, > probabilísticos para los adolescentes	<ul style="list-style-type: none"> 10% población, 25% adolescentes y mujeres = 1 -4 pg OMS -TEQ/kg/día, OMS 100% < 14 pg OMS -TEQ/kg/sem, OMS 100% < 70 pg OMS -TEQ/kg/mes, JECFA 	<ul style="list-style-type: none"> 25% población, 50% chicas adolescentes y mujeres = 1 -4 pg OMS -TEQ/kg/día, OMS 5% adolescentes y mujeres > 14 pg OMS -TEQ/kg/sem, OMS 100% < 70 pg OMS -TEQ/kg/mes, JECFA
PCDD/F + PCB DL	Si	<ul style="list-style-type: none"> 100% población = 1 -4 pg OMS -TEQ/kg/día, OMS 5% mujeres y mujeres mayores, y 10% adolescentes > 14 pg OMS -TEQ/kg/sem, OMS 5% chicas adolescentes y 10% chicos adolescentes > 70 pg OMS -TEQ/kg/mes, JECFA 	<ul style="list-style-type: none"> 100% población = 1 -4 pg OMS -TEQ/kg/día, OMS 5% hombres mayores, 10% hombres, mujeres y mujeres mayores, 25% adolescentes > 14 pg OMS -TEQ/kg/sem, OMS 5% mujeres mayores y 10% adolescentes y mujeres > 70 pg OMS -TEQ/kg/mes, JECFA
HAP total	Si	<ul style="list-style-type: none"> 100% < niveles de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> 100% < niveles de seguridad
HCB	Si, > probabilísticos para los adolescentes	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 0,8 µg/kg/día EPA 100% < 0,6 µg/kg/día JECFA 100% < 0,17 µg/kg/OMS 	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 0,8 µg/kg/día EPA 100% < 0,6 µg/kg/día JECFA 100% < 0,17 µg/kg/OMS
PBDE	Si	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 1 mg/kg/día LOAEL 	<ul style="list-style-type: none"> 100% < 1 mg/kg/día LOAEL

*variabilidad

14.3 Evolución 2000 - 2005

La evolución de la concentración de contaminantes en los alimentos presenta un comportamiento irregular en los distintos grupos de alimentos para metales, B(a)p, HCB y PBDE. Presentan tendencia a aumentar los HAP totales y PCDE, y a la disminución los PCDD/F + PCB DL, PCB total, HAP8 (cancerígenos) y PCN.

Los únicos grupos que contribuyen con cantidades destacables a la ingesta de arsénico inorgánico son el pescado y el marisco y los cereales. Ambos grupos son los que más aportan a la ingesta total de arsénico en 2000. Pese a que la concentración de arsénico total ha aumentado debido a la inclusión en el estudio de un mayor número de especies de pescado, la ingesta de arsénico inorgánico ha disminuido considerablemente.

La ingesta de cadmio se mantiene en el mismo orden. El principal alimento en lo que a la aportación se refiere son las legumbres, seguidas de los tubérculos y de los cereales.

La ingesta de mercurio total no presenta cambios notables entre los dos estudios a pesar del significativo aumento de la concentración media hallada en el grupo del pescado y el marisco y el descenso en grupos menos importantes como la carne. En este caso, cabe destacar que, al ser el pescado el que más aporta a la dieta, la importancia del cambio de hábitos dietéticos considerados en los respectivos estudios.

En cuanto a la ingesta de metilmercurio, considerando que proviene exclusivamente del pescado, se observa un aumento del 41% respecto al valor considerado por el estudio de 2000, dato que se correlaciona con el incremento de concentración observado.

Los resultados del presente estudio muestran un ligero descenso en la ingesta de plomo. Probablemente el efecto observado se debe al resultado de varias variaciones, en ambos sentidos, de las concentraciones detectadas y al cambio de hábitos de la población.

La estimación de la ingesta de dioxinas y furanos y PCB DL indica una notable reducción con respecto a la del año 2000 (68% para un hombre adulto). Si bien la disminución de la ingesta se observa para todos los grupos de alimentos estudiados, la disminución más importante se debe a la reducción en la contribución del pescado y el marisco y de los productos lácteos, seguidos de los cereales, la carne y los derivados y los aceites y las grasas. Este importante descenso es atribuible tanto a la disminución de la concentración de estos compuestos en los alimentos consumidos como a los cambios de hábitos de consumo de la población.

Se observa un incremento en la ingesta de HAP. No obstante, el riesgo carcinogénico asociado es similar al del estudio previo.

La ingesta estimada de HCB ha disminuido de forma considerable. Esta disminución se debe principalmente a la reducción en la contribución de los productos lácteos (quesos) así como de la carne y productos cárnicos y del pescado.

La ingesta estimada de PCN ha disminuido considerablemente entre los valores detectados en 2000 y los últimos valores observados. Esta notable reducción se debe principalmente a la gran disminución en la concentración observada en dos grupos de alimentos: el de los aceites y las grasas y el de los cereales.

La ingesta de PCDE ha sufrido un ligero aumento debido a la contribución del pescado y el marisco.

Ha disminuido la ingesta de PBDE con respecto a la estimada en 2000, principalmente a causa de la disminución de la contribución de los aceites y las grasas y la carne y derivados.

En la tabla 103 se muestran los valores de la ingesta estimada en ambos estudios junto con el porcentaje alcanzado respecto a los niveles de seguridad establecidos.

Tabla 103. Ingesta diaria. Evolución 2000 - 2005.

	Ingesta diaria 2000	% sobre nivel seguridad	Ingesta diaria 2005	% sobre nivel seguridad
As inorgánico	42,42 µg/día	28,3	16,25 µg/día	11 (JEFCA)
Cd	15,74 µg/día	61,6	17,19 µg/día	68,8
Hg total	21,21 µg/día	42,4	18,08 µg/día	37,2
Me Hg	8,03 µg/día	50,1	11,35 µg/día	71,3
Pb	27,52 µg/día	11,0	20,63 µg/día	10,4
HAP total	8,42 µg/día		12,04 µg/día	
HAP 8	1,79 µg/día		0,94 µg/día	
B(a)p	0,13 µg/día		0,089 µg/día	
HCB	166,2 µg/día	1,48	71,62 µg/día	0,64
PCDD/F	95,41 pg OMS - TEQ/día	34,4	25,67 pg OMS - TEQ/día	9,16
PCB DL		53,6	52,40 pg OMS - TEQ/día	18,7
PCDD/F+PCB DL	246,5 pg OMSTEQ/día	88	78,07 pg OMS - TEQ/día	27,9
PCB NDL	1246 ng/día		707,2 ng/día	
PBDE	97,30 ng/día		75,45 ng/día	
PCDE	41,04 ng/día		51,68 ng/día	
PCN	45,78 ng/día		7,25 ng/día	

14.4 Conclusiones

Los resultados nos han permitido estimar la exposición dietética a los contaminantes químicos ambientales de la población de Cataluña. Mediante la comparación con el estudio previo de dieta total (2000), se han podido observar tendencias en la exposición a dichos contaminantes del consumidor catalán que sigue una dieta tipo e identificar los principales grupos de alimentos que contribuyen a la misma.

Las principales conclusiones de este estudio son:

- Las concentraciones de los contaminantes en los grupos de alimentos estudiados no presentan una tendencia uniforme en el tiempo.
- La exposición de la población a estos elementos indica variaciones que se deben a cambios tanto en las concentraciones detectadas como en los hábitos alimentarios.
- Se observa un marcado descenso en la exposición dietética a dioxinas y PCB DL o dioxin like en la población de Cataluña.
- La evaluación de los resultados en general no identifica un motivo de preocupación para la salud de los consumidores catalanes. Sin embargo, como en estudios previos, identifica dos grupos de riesgo en lo que a la ingesta de metilmercurio se refiere: las mujeres embarazadas y los niños y niñas, grupos para los que se deben mantener las recomendaciones dietéticas respecto al consumo de grandes pescados depredadores.

15 Bibliografía

- Ashizuka Y, Nakagawa R, Murata S, Yasutake D, Hori T, Horie M, Nishioka C, Takahashi T, Tamura I, Sasaki K (2007) Daily intake of brominated dioxins and polybrominated diphenyl ethers estimated by market basket study. *Organohalogen Compounds* 69: 2769–2772
- ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2002) Toxicological profile for hexachlorobenzene. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts90.html>. (Accessed 3 April 2008)
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2008) Polychlorinated biphenyls. <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/PCBs/index.html>
- Aung, N N; Yoshinaga, J; Takahashi, J-I (2006) Dietary intake of toxic and essential trace elements by the children and parents living in Tokyo Metropolitan Area, Japan. *Food additives and contaminants* 23:883-94
- Baars AJ, Bakker MI, Baumann RA, Boon PE, Freijer JI, Hoogenboom LAP, Hoogerbrugge R, Van Klaveren JD, Liem AKD, Traag WA, De Vries J (2004) Dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in foodstuffs: Occurrence and dietary intake in the Netherlands. *Toxicology Letters* 151: 51-61
- Bakker, M.I., Baars, A.J., Baumann, R.A., Boon P.E. and Hoogerbrugge, R. (2003). Indicator PCBs in foodstuffs: occurrence and dietary intake in The Netherlands at the end of the 20th century. RIVM report 639102025/2003. RIKILT report 2003.014 <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/639102025.pdf>
- Bilau M, Matthys C, Baeyens W, Bruckers L, Backer GD, Hond ED, Keune H, Koppen G, Nelen V, Schoeters G, Van Larebeke N, Willems JL, De Henauw S (2008) Dietary exposure to dioxin-like compounds in three age groups: Results from the Flemish environment and health study. *Chemosphere* 70: 584-592
- Bocio A, Llobet JM, Domingo JL, Corbella J, Teixido A, Casas C (2003) Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Foodstuffs: Human Exposure through the Diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 3191-3195
- Bocio A, Llobet JM, Domingo JL (2004) Human Exposure to Polychlorinated Diphenyl Ethers through the Diet in Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 1769-1772
- Bocio A, Nadal M, Domingo JL (2005) Human exposure to metals through the diet in Tarragona, Spain: Temporal trend. *Biological Trace Element Research* 104: 193-201
- Bocio A, Domingo JL (2005) Daily intake of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofurans (PCDD/PCDFs) in foodstuffs consumed in Tarragona, Spain: a review of recent studies (2001-2003) on human PCDD/PCDF exposure through the diet. *Environmental Research* 97: 1-9
- Bocio A, Domingo JL, Falcó G, Llobet JM (2007) Concentrations of PCDD/PCDFs and PCBs in fish and seafood from the Catalan (Spain) market: Estimated human intake. *Environment International* 33: 170-175
- Bordajandi, LR; Gómez, G; Abad, E; Rivera, J; del Mar Fernández-Bastón, M; Blasco, J; González, MJ (2004) Survey of Persistent Organochlorine Contaminants (PCBs, PCDD/Fs, and PAHs), Heavy Metals (Cu, Cd, Zn,

- Pb, and Hg), and Arsenic in Food Samples From Huelva (Spain): Levels and Health Implications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 992-1001
- Brussaard JHVDW, Van der Paauw CG, De Vos RH, De Kort WL, Löwik MR (1996) Dietary intake of food contaminants in The Netherlands (Dutch Nutrition Surveillance System). *Food Additives & Contaminants* 13: 561-573
 - Burton MA, Bennett BG (1987) Exposure of man to environmental hexachlorobenzene (HCB) an exposure commitment assessment. *Science of the Total Environment* 66: 137-146
 - Capdevila F, Llop D, Guillén N, Luque V, Pérez S, Sellés V, Fernández-Ballart J, Martí-Henneberg C (2003) Consumo, hábitos alimentarios y estado nutricional de la población de Reus: evolución de la ingestión alimentaria y de la contribución de los macronutrientes al aporte energético (1983-1999), según edad y sexo. *Medicina Clínica Barc* 2003, 121:126-131
 - Chang LW (1996) *Toxicology of Metals*. CRC Lewis Publishers: Boca Raton, FL
 - Charnley G, Doull J (2005) Human exposure to dioxins from food, 1999-2002. *Food and Chemical Toxicology* 43: 671-679
 - Contaminants químics, estudi de dieta total a Catalunya. ACSA (Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria) (2004)
 - Contaminants químics en peix i marisc consumit a Catalunya. ACSA (Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria) (2004)
 - Culp SJ, Gaylor DW, Sheldon WG, Goldstein LS, Beland FA (1998). A comparison of the tumours induced by coal tar and benzo[a]pyrene in a 2-year bioassay. *Carcinogenesis*, 19, 117-124
 - Darnerud PO, Eriksen GS, Jóhannesson T, Larsen PB, Viluksela M (2001) Polybrominated diphenyl ethers: Occurrence, dietary exposure, and toxicology. *Environmental Health Perspectives* 109: 49-68
 - Darnerud PO (2003) Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife. *Environment International* 29: 841-853
 - Darnerud PO, Atuma S, Aune M, Bjerselius R, Glynn A, Grawe KP, Becker W (2006) Dietary intake estimations of organohalogen contaminants (dioxins, PCB, PBDE and chlorinated pesticides, e.g. DDT) based on Swedish market basket data. *Food and Chemical Toxicology* 44: 1597-1606
 - de Vos RH, van Dokkum W, Schouten A, de Jong-Berkhout P (1990) Polycyclic aromatic hydrocarbons in Dutch total diet samples (1984-1986). *Food and Chemical Toxicology* 28: 263-268
 - Del Razo, LM; García-Vargas, GG; García-Salcedo, J; Sanmiguel, MF; Rivera, M; Hernández, MC; Cebrián, ME (2002) Arsenic levels in cooked food and assessment of adult dietary intake of arsenic in the Región Lagunera, México. *Food and Chemical Toxicology*. 40:1423-1431

- Dennis MJ, Massey RC, McWeeny DJ (1983) Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in UK total diets. *Food and Chemical Toxicology* 21: 569-574
- Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento (CE) N° 466/2001. Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento (CE) N° 1881/2006. Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- Domingo JL, Schuhmacher M, Granero S, Llobet JM (1999) PCDDs and PCDFs in food samples from Catalonia, Spain. An assessment of dietary intake. *Chemosphere* 38: 3517-3528
- Domingo JL, Falcó G, Llobet JM, Casas C, Teixido A, Müller L (2003) Polychlorinated naphthalenes in foods: Estimated dietary intake by the population of Catalonia, Spain. *Environmental Science and Technology* 37: 2332-2335
- Domingo JL (2004) Human exposure to polybrominated diphenyl ethers through the diet. *Journal of Chromatography A* 1054: 321-326
- Domingo JL (2004) Polychlorinated naphthalenes (PCNs) in aquatic species and human exposure through the diet: A review. *Journal of Chromatography A* 1054: 325-332
- Domingo JL (2006) Polychlorinated diphenyl ethers (PCDEs): Environmental levels, toxicity and human exposure: A review of the published literature. *Environment International* 32: 121-127
- Domingo JL, Bocio A, Falcó G, Llobet JM (2006) Exposure to PBDEs and PCDEs associated with the consumption of edible marine species. *Environmental Science and Technology* 40: 4394-4399
- Domingo JL, Bocio A (2007) Levels of PCDD/PCDFs and PCBs in edible marine species and human intake: A literature review. *Environment International* 33: 397-405
- Domingo JL, Falcó G, Bocio A, Llobet JM (2007) Human exposure to polychlorinated naphthalenes through the consumption of edible marine species. *Chemosphere* 66: 1107-1113
- Enquesta sobre l'avaluació de l'estat nutricional de la població catalana 2002-2003. Evolució dels hàbits alimentaris i del consum d'aliments i nutrients a Catalunya. ENCAT. Direcció General de Salut Pública, Departament de Sanitat i Seguretat Social, Generalitat de Catalunya, Barcelona, Spain
- EFSA (2005) Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to A Harmonised Approach for Risk Assessment of Substances Which are both Genotoxic and Carcinogenic. *The EFSA Journal* 282:1-3
- EFSA (2005) Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the food Chain on a request from the Commission related to the presence of Non Dioxin-like Polychlorinated Biphenyls (PCB) in Feed and Food. *The EFSA Journal* 284: 1-137

- EFSA (2006) EFSA European Food Safety Agency. The EFSA Journal 328: 1-4
- EFSA (2006) Guidance of the Scientific Committee on a request from EFSA related to Uncertainties in Dietary Exposure Assessment. The EFSA Journal 438: 1-54
- EFSA (2008) Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. The EFSA Journal 724
- EFSA (2009) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on cadmium in Food. The EFSA Journal 980, 3
- EFSA (2009) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) Scientific Opinion on Arsenic in Food. The EFSA Journal 7: 1351
- EPA (2000) Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxins and related compounds. EPA/600/P-00/001 Bg
- Falandysz J (1998) Polychlorinated naphthalenes: an environmental update. Environmental Pollution 101: 77-90
- Falandysz J (2003) Chloronaphthalenes as food-chain contaminants: a review. Food Additives & Contaminants 20: 995-1014
- Falcó G, Domingo JL, Llobet JM, Teixido A, Casas C, Müller L (2003) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Foods: Human Exposure through the Diet in Catalonia, Spain. Journal of Food Protection 66: 2325-2331
- Falcó G, Bocio A, Llobet JM, Domingo JL, Casas C, Teixido A (2004) Dietary intake of hexachlorobenzene in Catalonia, Spain. Science of the Total Environment 322: 63-70
- Falcó G, Llobet JM, Bocio A, Domingo JL (2006) Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 6106-6112
- Falcó G, Llobet JM, Bocio A, Domingo JL (2008) Exposure to hexachlorobenzene through fish and seafood consumption in Catalonia, Spain. Science of the Total Environment 389: 289-295
- Fattore E, Fanelli R, Turrini A, Di Domenico A (2006) Current dietary exposure to polychlorodibenzo-p-dioxins, polychlorodibenzofurans, and dioxin-like polychlorobiphenyls in Italy. Molecular Nutrition and Food Research 50: 915-921
- Ferrante MC, Cirillo T, Naso B, Clausi MT, Lucisano A, Cocchieri RA (2007) Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in seafood from the Gulf of Naples (Italy). Journal Food Protection 70: 706-715
- Focant, JF; Eppe, G; Pirard, C; Massart, A-C; André, J-E; De Pauw, E (2002) Levels and congener distributions of PCDDs, PCDFs and non-ortho PCBs in Belgian foodstuffs - assessment of dietary intake. Chemosphere 48:167-179

- Fontcuberta M, Arqués JF, Martínez M, Suárez A, Villalbi JR, Centrich F, Serrahima E, Duran J, Casas C (2006) Polycyclic aromatic hydrocarbons in food samples collected in Barcelona, Spain. *Journal of Food Protection* 69: 2024-2028
- Gómara B, Herrero L, González MJ (2006) Survey of polybrominated diphenyl ether levels in Spanish commercial foodstuffs. *Environmental Science and Technology* 40: 7541-7547
- Greve PA (1986) Environmental and human exposure to hexachlorobenzene in the Netherlands. IARC Scientific Publications: 87-97
- Hayward D, Wong J, Krynitsky AJ (2007) Polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls in commercially wild caught and farm-raised fish fillets in the United States. *Environmental Research* 103: 46-54
- Herrera A, Ariño AA, Conchello MP, Lázaro R, Bayarri S, Pérez-Arquillue C (1994) Organochlorine pesticide residues in Spanish meat products and meat of different species. *Journal Food Protection* 57: 441-444
- Hsu MS, Hsu KY, Wang SM, Chou U, Chen SY, Huang NC, Liao CY, Yu TP, Ling YC (2007) A total diet study to estimate PCDD/Fs and dioxin-like PCBs intake from food in Taiwan. *Chemosphere* 67: S65-S70
- Huwe JK, Larsen GL (2005) Polychlorinated dioxins, furans, and biphenyls, and polybrominated diphenyl ethers in a U.S. meat market basket and estimates of dietary intake. *Environmental Science and Technology* 39: 5606-5611
- IARC (2001) monographs programme on the evaluation of carcinogenic risks to humans, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans
- IARC (2004) Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC Monographs volumes 1 to 42. 7
- Ibáñez R, Agudo A, Berenguer A, Jakszyn P, Tormo MJ, Sánchez MJ, Quirós JR, Pera G, Navarro C, Martínez C, Larrañaga N, Dorronsoro M, Chirilaque MD, Barricarte A, Ardanaz E, Amiano P, González CA (2005) Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons in a Spanish population. *Journal of Food Protection* 68: 2190-2195
- Isosaari P, Hallikainen A, Kiviranta H, Vuorinen PJ, Parmanne R, Koistinen J, Vartiainen T (2006) Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, biphenyls, naphthalenes and polybrominated diphenyl ethers in the edible fish caught from the Baltic Sea and lakes in Finland. *Environmental Pollution* 141: 213-225
- Jalón M, Urieta I, Macho M, Azpiri M (1997) Metales Pesados y Arsénico. En: Vigilancia de la Contaminación Química de los Alimentos en la Comunidad Autónoma del País Vasco 1990-1995, Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco: Vitoria, Spain. 29-43
- Jedrychowski W, Perera F, Jankowski J, Rauh V, Flak E, Caldwell KL, Jones RL, Pac A, Lisowska-Miszczuk I (2007) Fish consumption in pregnancy, cord blood mercury level and cognitive and psychomotor development of infants followed over the first three years of life. Krakow epidemiologic study. *Environment International* 33: 1057-1062

- Jiang Q, Hanari N, Miyake Y, Okazawa T, Lau RKF, Chen K, Wyrzykowska B, So MK, Yamashita N, Lam PKS (2007) Health risk assessment for polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, and polychlorinated naphthalenes in seafood from Guangzhou and Zhuhai, China. *Environmental Pollution* 148: 31-39
- Kannan K, Tanabe S, Ramesh A, Subramanian A, Tatsukawa R (1992) Persistent organochlorine residues in foodstuffs from India and their implications on human dietary exposure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 518-524
- Kannan KS, Tanabe RJ, Williams R, Tatsukawa (1994) Persistent organochlorine residues in foodstuffs from Australia, Papua New Guinea and the Solomon Islands: contamination levels and human dietary exposure. *Science of the Total Environment* 153: 29-49
- Kannan K, Tanabe S, Giesy JP, Tatsukawa R (1997) Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in foodstuffs from Asian and Oceanic countries. *Reviews of Environmental Contamination & Toxicology* 152: 1-55
- Kannan K, Yamashita N, Imagawa T, Decoen W, Khim JS, Day RM, Summer CL, Giesy JP (2000) Polychlorinated naphthalenes and polychlorinated biphenyls in fishes from Michigan waters including the great lakes. *Environmental Science and Technology* 34: 566-572
- Kannan K, Corsolini S, Imagawa T, Focardi S, Giesy JP (2002) Polychlorinated -naphthalenes, -biphenyls, -dibenzo-p-dioxins, -dibenzofurans and p,p'-DDE in bluefin tuna, swordfish, cormorants and barn swallows from Italy. *Ambio* 31: 207-211
- Kazerouni N, Sinha R, Hsu CH, Greenberg A, Rothman N (2001) Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food and Chemical Toxicology* 39: 423-436
- Kiviranta H, Ovaskainen ML, Vartiainen T (2004) Market basket study on dietary intake of PCDD/Fs, PCBs, and PBDEs in Finland. *Environment International* 30: 923-932
- Koistinen J, Kukkonen JVK, Sormunen A, Mannila E, Herve S, Vartiainen T (2007) Bioaccumulation, bioavailability and environmental fate of chlorophenol impurities, polychlorinated hydroxydiphenylethers and their methoxy analogues. *Chemosphere* 68: 1382-1391
- Larsen EH, Andersen NL, Møller A, Petersen A, Mortensen GK, Petersen J (2002) Monitoring the content and intake of trace elements from food in Denmark. *Food Additives and Contaminants* 19: 33-46
- Lázaro R, Herrera A, Ariño A, Conchello MP, Bayarri S (1996) Organochlorine pesticide residues in total diet samples from Aragón (Northeastern Spain). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 2742-2747
- Leblanc JC, Malmauret L, Guérin T, Bordet F, Boursier B, Verger P (2000) Estimation of the dietary intake of pesticide residues, lead, cadmium, arsenic and radionuclides in France. *Food Additives and Contaminants* 17: 925-932

- Leblanc JC, Guérin T, Noël L, Calamassi-Tran G, Volatier JL, Verger P (2005) Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. *Food additives and contaminants* 22: 624-41
- Lee SW, Lee BT, Kim JY, Kim KW, Lee JS (2006) Human risk assessment for heavy metals and as contamination in the abandoned metal mine areas, Korea. *Environmental monitoring and assessment* 119: 233-44
- Lee BM, Shim GA (2007) Dietary exposure estimation of benzo[a]pyrene and cancer risk assessment. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues* 70: 1391-1394
- Llobet JM, Granero S, Schuhmacher M, Corbella J, Domingo JL (1998) Biological monitoring of environmental pollution and human exposure to metals in Tarragona, Spain. IV. Estimation of the dietary intake. *Trace Elements and Electrocytes* 15: 136-141
- Llobet JM, Falcó G, Casas C, Teixido A, Domingo JL (2003) Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults and seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 838-842
- Llobet JM, Bocio A, Domingo JL, Teixido A, Casas C, Müller L (2003) Levels of polychlorinated biphenyls in foods from Catalonia, Spain: Estimated dietary intake. *Journal of Food Protection* 66: 479-484
- Llobet JM, Domingo JL, Bocio A, Casas C, Teixido A, Müller L (2003) Human exposure to dioxins through the diet in Catalonia, Spain: Carcinogenic and non-carcinogenic risk. *Chemosphere* 50: 1193-1200
- Llobet JM, Falcó G, Bocio A, Domingo JL (2006) Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons through consumption of edible marine species in Catalonia, Spain. *Journal of Food Protection* 69: 2493-2499
- Llobet JM, Falcó G, Bocio A, Domingo JL (2007) Human exposure to polychlorinated naphthalenes through the consumption of edible marine species. *Chemosphere* 66: 1107-1113
- Lodovici M, Dolara P, Casalini C, Ciappellano S, Testolin G (1995) Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in the Italian diet. *Food Additives and Contaminants* 12: 703-713
- Lorber M (2008) Exposure of Americans to polybrominated diphenyl ethers. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 18: 2-19
- Loutfy, N; Fuerhacker, M; Tundo, P; Raccanelli, S; El Dien, AG; Ahmed, MT (2006) Dietary intake of dioxins and dioxin-like PCBs, due to the consumption of dairy products, fish/seafood and meat from Ismailia City, Egypt. *Science of the Total Environment* 370: 1-8
- Marzec, Z; Schlegel-Zawadzka, M (2004) Exposure to cadmium, lead and mercury in the adult population from Eastern Poland, 1990-2002. *Food Additives & Contaminants* 21: 963-970
- McDonald T (2002) A perspective on the potential health risks of PBDEs. *Chemosphere* 46: 745-755

- McGregor D, Partensky C, Wilbourn J, Rice J (1998) An IARC evaluation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans as risk factors in human carcinogenesis. *Environmental Health Perspectives* 106: 755-760
- Martí-Cid R, Bocio A, Llobet JM, Domingo JL (2007) Intake of chemical contaminants through fish and sea-food consumption by children of Catalonia, Spain: Health risks. *Food and Chemical Toxicology* 45: 1968-1974
- Martí-Cid R, Bocio A, Domingo JL (2008) Dietary exposure to PCDD/PCDFs by individuals living near a hazardHuevos waste incinerator in Catalonia, Spain: Temporal trend. *Chemosphere* 70: 1588-1595
- Mato Y, Suzuki N, Katatani N, Kadokami K, Nakano T, Nakayama S, Sekii H, Komoto S, Miyake S, Morita M (2007) Human intake of PCDDs, PCDFs, and dioxin like PCBs in Japan, 2001 and 2002. *Chemosphere* 67: S247-S255
- Meng XZ, Zeng EY, Yu LP, Guo Y, Mai BX (2007) Assessment of human exposure to polybrominated diphenyl ethers in China via fish consumption and inhalation. *Environmental Science and Technology* 41: 4882-4887
- Meng XZ, Zeng EY, Yu LP, Mai BX, Luo XJ, Ran Y (2007) Persistent halogenated hydrocarbons in consumer fish of China: Regional and global implications for human exposure. *Environmental Science and Technology* 41: 1821-1827
- Menzie CA, Potocki BB, Santodonato J (1992), Exposure to carcinogenic PAHs in the environment. *Environ. Sci. Technol.* 26: 1278-1284
- Moilanen R, Pyysalo H, Kumpulainen J (1986) Average total dietary intakes of organochlorine compounds from the Finnish diet. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 182: 484-488
- Moschandreas, DJ; Karuchit, S; Berry, MR; O'Rourke, MK; Lo, D; Lebowitz, MD; Robertson, G (2002) Exposure apportionment: ranking food items by their contribution to dietary exposure. *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology* 12: 233-243
- Mumtaz MM, George JD, Gold KW, Cibulas W, DeRosa CT (1996) ATSDR evaluation of health effects of chemicals. IV. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): understanding a complex problem. *Toxicology and Industrial Health* 12: 742-971
- Muñoz O, Devesa V, Suñer MA, Vélez D, Montoro R, Urieta I, Macho ML, Jalón M (2000) Total and inorganic arsenic in fresh and processed fish products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 4369-4376
- Muñoz, O; Bastias, JM; Araya, M; Morales, A; Orellana, C; Rebolledo, R; Vélez, D (2005) Estimation of the dietary intake of cadmium, lead, mercury, and arsenic by the population of Santiago (Chile) using a Total Diet Study. *Food and Chemical Toxicology* 43: 1647-1655
- Nakata H, Kawazoe M, Arizono K, Abe S, Kitano T, Shimada H, Li W, Ding X (2002) Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyl residues in foodstuffs and human tissues from China: Status of contamination, historical trend and human dietary exposure. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 43: 473-480

- Noël, L; Leblanc, J C; Guérin, T (2003) Determination of several elements in duplicate meals from catering establishments using closed vessel microwave digestion with inductively coupled plasma mass spectrometry detection: estimation of daily dietary intake. *Food additives and contaminants* 20:44-56
- Nomura T, Yanagi T, Fukuzawa E, Kono Y, Komatsu K, Morita M (2007) Brominated dioxins and PBDEs in diet samples collected from FY2002 to FY2005 on Japan. *Organohalogen Compounds* 69: 2773-2776
- Nwaneshiudu OC, Autenrieth RL, McDonald TJ, Donnelly KC, Degollado ED, Abusalih AA (2007) Risk of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure from ingested food: The Azerbaijan case study. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 42: 201-209
- Ohno, MK; Yanase, TY; Kimura, T; Hamidur Rahman, M; Magara, Y; Matsui, Y (2007) Arsenic intake via water and food by a population living in an arsenic-affected area of Bangladesh. *Science of the Total Environment* 381: 68-76
- OMS (1985) Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants. World Health Organization Offset Publication 87
- OMS (1991) Consultation on Tolerable Daily Intake from food of PCDDs and PCDFs. WHO Regional Office for Europe. EUR/ICP/PCS 030
- OMS (1997) Environmental Health Criteria 162. Flame retardants: a general introduction. Geneva, Switzerland: International Programme on Chemical Safety
- Pan J, Yang YL, Xu Q, Chen DZ, Xi DL (2007) PCBs, PCNs and PBDEs in sediments and mussels from Qingdao coastal sea in the frame of current circulations and influence of sewage sludge. *Chemosphere* 66: 1971-1982
- Petzold G, Schäfer M, Bente C, Ostendorp G, Schade G, Wilhelm M, Heinzow B (1999) Dietary exposure and human body burden to organochlorine pesticides and PCBs in children and women in northern Germany. *Organohalogen Compounds* 44: 119-122
- Phillips DH (1999) Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutation Research* 443: 139-147
- Radwan, MA; Salama, AK (2006) Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology* 44: 1273-1278
- Ramesh A, Walker SA, Hood DB, Guillén MD, Schneider K, Weyand EH (2004) Bioavailability and risk assessment of orally ingested polycyclic aromatic hydrocarbons. *International Journal of Toxicology* 23: 301-333
- Reed L, Buchner V, Tchounwou PB (2007) Environmental toxicology and health effects associated with hexachlorobenzene exposure. *Reviews on Environmental Health* 22: 213-243
- Reinik M, Tamme T, Roasto M, Juhkam K, Tenno T, Kiis A (2007) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in meat products and estimated PAH intake by children and the general population in Estonia. *Food Additives & Contaminants* 24: 429 – 437

- Ribas-Fito N, Torrent M, Carrizo D, Júlvez J, Grimalt JO, Sunyer J (2007) Exposure to hexachlorobenzene during pregnancy and children's social behavior at 4 years of age. *Environmental Health Perspectives* 115: 447-450
- Rubio C, González-Iglesias T, Revert C, Reguera JI, Gutiérrez AJ, Hardisson A (2005) Lead dietary intake in a Spanish population (Canary Islands). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 6543-6549
- Rubio C, Hardisson A, Reguera JI, Revert C, Lafuente MA, González-Iglesias T (2006) Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain. *Environmental Research* 100: 123-129
- Ryan JK, Patry B (2001) Body burdens and food exposure in Canada for polybrominated diphenyl ethers (BDEs). *Organohalogen Compounds* 51: 226-229
- Salgovicová D, Pavlovicová D (2007) Exposure of the population of the Slovak Republic to dietary polychlorinated biphenyls. *Food and Chemical Toxicology* 45: 1641-1649
- Santos EE, Lauria DC, Da Silveira CL (2004) Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. *Science of the Total Environment* 327: 69-79
- Sasamoto T, Ushio F, Kikutani N, Saitoh Y, Yamaki Y, Hashimoto T, Horii S, Nakagawa J, Ibe A (2006) Estimation of 1999-2004 dietary daily intake of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs by a total diet study in metropolitan Tokyo, Japan. *Chemosphere* 64: 634-641
- SCF SCoF (2001) Opinion of the SCF on the risk assessment of dioxins and dioxin-like PCBs in food. European Commission, Brussels, Update based on new scientific information available since the adoption of the SCF opinion of November 22, 2000. Adopted on 30 May 2001. http://ec.europa.eu/food/index_en.htm
- Schäfer M, Petzold G, Ostendorp, Schade G, Moh S, Heinzow B. (2000). Duplikatstudie und Humanbiomonitoring zur Feststellung der PCB-Belastung bei jungen Frauen. *Umweltmed Forsch Prax* 5:154-160
- Schecter A, Cramer P, Boggess K, Stanley J, Pöpke O, Olson J, Silver A, Schmitz M (2001) Intake of dioxins and related compounds from food in the U.S. population. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A* 63: 1-18
- Schecter A, Pöpke O, Tung KC, Staskal D, Birnbaum L (2004) Polybrominated diphenyl ethers contamination of United States food. *Environmental Science and Technology* 38: 5306-5311
- Schecter A, Pöpke O, Harris TR, Tung KC, Musumba A, Olson J, Birnbaum L (2006) Polybrominated diphenyl ether (PBDE) levels in an expanded market basket survey of U.S. food and estimated PBDE dietary intake by age and sex. *Environmental Health Perspectives* 114: 1515-1520
- Schecter A, Harris TR, Shah N, Musumba A, Pöpke O (2008) Brominated flame retardants in US food. *Molecular Nutrition & Food Research* 52: 266-272

- Schuhmacher M, Bosque MA, Domingo JL, Corbella J (1991) Dietary intake of lead and cadmium from foods in Tarragona Province, Spain. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 46: 320-328
- Signes-Pastor AJ, Mitra K, Sarkhel S, Hobbes M, Burló F, de Groot WT, Carbonell-Barrachina AA (2008) Arsenic speciation in food and estimation of the dietary intake of inorganic arsenic in a rural village of West Bengal, India. *Journal of agricultural and food chemistry* 56:9469-9474
- Tard A, Gallotti S, Leblanc JC, Volatier JL (2007) Dioxins, furans and dioxin-like PCBs: Occurrence in food and dietary intake in France. *Food Additives and Contaminants* 24: 1007-1017
- Thomson B, Lake R, Lill R, (1996) The contribution of margarine to cancer risk from polycyclic aromatic hydrocarbons in the New Zealand diet. *Polycyclic Aromat. Compd.* 11: 177-184
- Tittlemier SA, Forsyth D, Breakell K, Verigin V, Ryan JJ, Hayward S (2004) Polybrominated diphenyl ethers in retail fish and shellfish samples purchased from Canadian markets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 7740-7745
- Tsuda T, Inoue T, Kojima M, Aoki S (1995) Market basket and duplicate portion estimation of dietary intakes of cadmium, mercury, arsenic, copper, manganese and zinc by Japanese adults. *Journal of AOAC International* 78: 1363-1368
- Uchino T, Roychowdhury T, Ando M, Tokunaga H (2006) Intake of arsenic from water, food composites and excretion through urine, hair from a studied population in West Bengal, India. *Food and Chemical Toxicology* 44: 455-461
- UNEP (2008) Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). <http://www.pops.int>
- US EPA (2000) Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxins and related compounds. EPA/600/P-00/001 Bg
- US EPA (2002) Polycyclic organic matter. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/polycycl.html>.
- US EPA (2003) Glossary of IRIS Terms. Integrated Risk Information System. Environmental Protection agency. <http://www.epa.gov/iris/gloss8.htm>
- Urieta I, Jalón M, Eguilero I (1996) Food surveillance in the Basque Country (Spain). II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M₁, iron and zinc through the Total Diet Study, 1990/91. *Food Additives and Contaminants* 13: 29-52
- Van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, Fiedler H, Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Rose M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A, Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson RE (2006) The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological Sciences* 93: 223-241

- Van der Voet H, de Mul A, van Klaveren JD (2007) A probabilistic model for simultaneous exposure to multiple compounds from food and its use for risk-benefit assessment. *Food and Chemical Toxicology* 45: 1496-1506
- Van Leeuwen FX, Feeley M, Schrenk D, Larsen JC, Farland W, Younes M (2000) Dioxins: WHO's tolerable daily intake (TDI) revisited. *Chemosphere* 40: 1095-1101
- Voorspoels S, Covaci A, Neels H, Schepens P (2007) Dietary PBDE intake: A market-basket study in Belgium. *Environment International* 33: 93-97
- Voutsas D, Samara C (1998) Dietary intake of trace elements and polycyclic aromatic hydrocarbons via vegetables grown in an industrial Greek area. *The Science of The Total Environment* 218: 203-216
- Wijesekera R, Halliwell C, Hunter S, Harrad S (2002) A preliminary assessment of UK human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs). *Organohalogen Compd* 55: 239-242
- Wilhelm M, Wittsiepe J, Schrey P, Budde U, Idel H (2002) Dietary intake of cadmium by children and adults from Germany using duplicate portion sampling. *Science of the Total Environment* 285: 11-19
- Yoon E, Park K, Lee H, Yang JH, Lee C (2007) Estimation of excess cancer risk on time-weighted lifetime average daily intake of PAHs from food ingestion. *Human and Ecological Risk Assessment* 13: 669-680
- Ysart G, Miller P, Croasdale M, Crews H, Robb P, Baxter M, de L'Argy C, Harrison N (2000) 1997 UK total diet study - Dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. *Food Additives and Contaminants* 17: 775-786
- Zheng N, Wang Q, Zhang X, Zheng D, Zhang Z, Zhang S (2007) Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. *Science of the Total Environment* 387: 96-104
- Zuccato E, Calvarese S, Mariani G, Mangiapan S, Grasso P, Guzzi A, Fanelli R (1999) Level, sources and toxicity of polychlorinated biphenyls in the Italian diet. *Chemosphere* 38: 2753-2765
- Zukowska J, Biziuk M (2008) Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. *Journal of Food Science* 73: R21-9

16 Índice de tablas y figuras

Tabla 1	Selección de alimentos estudiados	14
Tabla 2	Grupos de población, intervalos de edad y peso.....	18
Tabla 3	Consumo de alimentos en población infantil de entre 6 y 9 años (Enkid).....	18
Tabla 4	Ingesta diaria de alimentos por grupos de población (Encat)	19
Tabla 5	Representatividad de la selección de alimentos. Expresada en porcentaje del total de la encuesta.	20
Tabla 6	Estimación del total de As ingerido a través del pescado y el marisco.	21
Tabla 7	Fuentes y tipos de incertidumbre. Efecto esperado sobre la estimación de la media y de la variabilidad poblacional.	24
Tabla 8	Resumen de las aproximaciones aplicadas en la evaluación de la variabilidad y la incertidumbre de la exposición.	25
Tabla 9	Concentración de arsénico total e inorgánico en los alimentos. Valores medios	27
Tabla 10	Ingesta diaria estimada de arsénico total y de arsénico inorgánico. Hombre adulto, por grupos de alimentos.	28
Tabla 11	Ingesta diaria estimada de arsénico de los distintos grupos de población	28
Tabla 12	Ingesta de arsénico inorgánico relativa al peso corporal.	29
Tabla 13	Ingesta relativa de As inorgánico por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	30
Tabla 14	Variación temporal de As total en los grupos de alimentos. 2000 - 2005.	31
Tabla 15	Evolución de la ingesta diaria de As inorgánico. 2000 - 2005.	31
Tabla 16	Ingesta diaria de As total. Comparativa con otros estudios de ingesta.	32
Tabla 17	Concentración media de cadmio en los alimentos	33
Tabla 18	Ingesta diaria estimada de cadmio. Hombre adulto, por grupos de alimentos	34
Tabla 19	Ingesta diaria estimada de cadmio de los distintos grupos de población	34
Tabla 20	Ingesta de cadmio relativa al peso corporal.	35
Tabla 21	Ingesta relativa de Cd por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.....	35
Tabla 22	Variación temporal de Cd en los grupos de alimentos. 2000 - 2005.....	36
Tabla 23	Variaciones en la ingesta diaria de cadmio. 2000 - 2005.	37
Tabla 24	Ingesta diaria de Cd. Comparativa con otros estudios de ingesta.....	37
Tabla 25	Concentración de mercurio total en los alimentos.	39
Tabla 26	Ingesta diaria estimada de mercurio total y metilmercurio. Hombre adulto, por grupos de alimentos	40
Tabla 27	Ingesta diaria estimada de mercurio y metilmercurio de los distintos grupos de población.	41
Tabla 28	Ingesta de mercurio total i metilmercuri relativa al pes corporal	41
Tabla 29	Ingesta relativa de mercurio total por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	42
Tabla 30	Variación temporal de Hg total en los grupos de alimentos. 2000 - 2005.	43
Tabla 31	Variaciones en la ingesta diaria de mercurio total y metilmercurio. 2000 - 2005.	43
Tabla 32	Ingesta diaria de mercurio total. Comparativa con otros estudios de ingesta.	44
Tabla 33	Concentración de Pb en los alimentos. Valores medios.	45
Tabla 34	Ingesta diaria estimada de plomo. Hombre adulto, por grupos de alimentos.....	46
Tabla 35	Ingesta diaria estimada de plomo de los distintos grupos de población.	46
Tabla 36	Ingesta de plomo relativa al peso corporal.	47

Tabla 37	Ingesta relativa de plomo por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	47
Tabla 38	Variación temporal de plomo en los grupos de alimentos. 2000 - 2005.	48
Tabla 39	Variaciones en la ingesta diaria de Pb. 2000 - 2005.	49
Tabla 40	Ingesta diaria de Pb. Comparativa con otros estudios de ingesta.	49
Tabla 41	Factores de equivalencia tóxica (TEF). OMS 2005.	51
Tabla 42	Concentraciones medias totales de PCDD/F por grupos de alimentos.	52
Tabla 43	Ingesta diaria de PCDD/F. Hombre adulto, por grupos de alimentos.	52
Tabla 44	Ingesta diaria estimada de PCDD/F de los distintos grupos de población.	53
Tabla 45	Ingesta diaria de PCDD/F relativa al peso corporal.	54
Tabla 46	Ingesta relativa de dioxinas y furanos (PCDD/F) por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	54
Tabla 47	Evolución de la ingesta de PCDD/F, 2000- 2005.	56
Tabla 48	Ingesta diaria de PCDD/F. Comparativa con otros estudios de ingesta.	56
Tabla 49	Factores de equivalencia tóxica (TEF). OMS 2005.	57
Tabla 50	Valores medios de concentración de PCB en los alimentos.	58
Tabla 51	Ingesta diaria de PCB. Hombre adulto, por grupos de alimentos.	59
Tabla 52	Ingesta diaria estimada de PCB según grupo de población.	61
Tabla 53	Ingesta de PCB relativa al peso corporal.	61
Tabla 54	Ingesta relativa de PCB DL por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	62
Tabla 55	Evolución de la ingesta de PCB DL. 2000 - 2005.	64
Tabla 56	Ingesta diaria de PCB DL. Comparativa con otros estudios de ingesta.	64
Tabla 57	Ingesta diaria de PCB NDL. Comparativa con otros estudios de ingesta.	65
Tabla 58	Concentraciones de PCDD/F y PCB DL.	65
Tabla 59	Ingesta diaria de PCDD/F + PCB DL. Hombre adulto, por grupos de alimentos.	66
Tabla 60	Ingesta diaria estimada de los distintos grupos de población.	67
Tabla 61	Ingesta diaria de PCDD/F + PCB DL relativa al peso corporal.	68
Tabla 62	Ingesta relativa de PCDD/F y PCB DL por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	68
Tabla 63	Evolución de la ingesta de PCDD/F + PCB DL. 2000-2005.	71
Tabla 64	Ingesta diaria conjunta de PCDD/F + PCB DL. Comparativa con otros estudios de ingesta.	71
Tabla 65	Concentración de HAP. Valores medios de los grupos de alimentos.	73
Tabla 66	Ingesta diaria estimada de HAP. Resumen por grupos de alimentos.	75
Tabla 67	Ingesta diaria estimada de HAP relativa al peso corporal.	76
Tabla 68	Ingesta diaria estimada de HAP de los distintos grupos de población.	77
Tabla 69	Ingesta diaria correspondiente a los HAP con dosis de referencia establecida.	77
Tabla 70	Valores de MOE para la exposición a HAP8 y B(a)p.	78
Tabla 71	Ingesta relativa de HAP total por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	78
Tabla 72	Variación en la ingesta diaria de HAP totales, HAP8 y B(a)p. 2000 - 2005.	81
Tabla 73	Ingesta diaria de HAP. Comparativa con otros estudios de ingesta.	81
Tabla 74	Concentración de HCB en los alimentos.	83
Tabla 75	Ingesta diaria de HCB en un hombre adulto.	84

Tabla 76	Ingesta diaria estimada de HCB de los distintos grupos de población. Valor correspondiente al total de alimentos considerados.....	85
Tabla 77	Ingesta de HCB relativa al peso corporal.	85
Tabla 78	Ingesta relativa de HCB por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	86
Tabla 79	Evolución de la ingesta de HCB. 2000 - 2005	88
Tabla 80	Ingesta diaria de HCB. Comparativa con otros estudios de ingesta	88
Tabla 81	Concentració de PBDE. Valors mitjana	89
Tabla 82	Ingesta estimada de PBDE en el hombre adulto por grupos de alimentos.	89
Tabla 83	Ingesta diaria estimada de PBDE de los distintos grupos de población	90
Tabla 84	Ingesta de PBDE relativa al pes corporal	91
Tabla 85	Ingesta relativa de PBDE totales por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	91
Tabla 86	Evolución de la ingesta de PBDE. 2000 - 2005	93
Tabla 87	Ingesta diaria de PBDE. Comparativa con otros estudios de ingesta.....	93
Tabla 88	Concentración de PCDE. Valores medios de los grupos de alimentos.	95
Tabla 89	Ingesta diaria de PCDE en un hombre adulto.	95
Tabla 90	Ingesta diaria estimada de PCDE de los distintos grupos de población.	96
Tabla 91	Ingesta diaria de PCDE relativa al peso corporal.....	97
Tabla 92	Ingesta relativa de PCDE por grups de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.....	97
Tabla 93	Evolución de la ingesta de PCDE. 2000 - 2005	99
Tabla 94	Concentración de PCN. Valores medios de los grupos de alimentos.	101
Tabla 95	Ingesta estimada de PCN para un hombre adulto. Resumen por grupo de alimentos.	102
Tabla 96	Ingesta diaria estimada de PCN de los distintos grupos de población.	102
Tabla 97	Ingesta de PCN relativa al peso corporal.	103
Tabla 98	Ingesta relativa de PCN por grupos de población. Distribución de los valores de exposición e influencia de algunas incertidumbres.	103
Tabla 99	Evolución de la ingesta de PCN. 2000 - 2005	105
Tabla 100	Contribución de los alimentos a la ingesta diaria de contaminantes.....	109
Tabla 101	Ingesta estimada y porcentaje respecto al valor de referencia.	110
Tabla 102	Resumen de la evaluación probabilística de la exposición.....	111
Tabla 103	Ingesta diaria. Evolución 2000 - 2005:	113
Figura 1	Distribució de la ingesta diaria de alimentos en un hombre adulto	19
Figura 2	Comparación 2000 - 2005 ingesta diaria de alimentos hombre adulto.	20
Figura 3	Estimación de la incertidumbre	23
Figura 4	Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de arsénico inorgánico.	28
Figura 5	Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de cadmio.	33
Figura 6	Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de mercurio total.	40
Figura 7	Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de plomo.	45
Figura 8	Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de dioxinas y furanos	53
Figura 9	Comparación de las concentraciones de dioxinas y furanos. 2000 - 2005.	55
Figura 10	Proporción de PCB DL/NDL en los grupos de alimentos.....	58
Figura 11	Distribución de los PCB DL en los alimentos. Porcentaje de la aportación al total de TEQ.....	59

Figura 12 Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de PCB DL	60
Figura 13 Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de PCB NDL.	60
Figura 14 Comparación de las concentraciones de PCB. 2000 - 2005.	63
Figura 15 Comparación de las concentraciones de PCB en pescado. 2000 - 2005.....	63
Figura 16 Contribución del tipo de alimento a la ingesta de PCDD/F + PCB DL	66
Figura 17 Proporción de PCDD/F y PCB DL en la ingesta diaria.	67
Figura 18 Evolución de la concentración de PCDD/F + PCB DL. 2000 - 2005.	69
Figura 19 Evolución de la concentración de PCDD/F + PCB DL. 2000 - 2005.	70
Figura 20 Evolución de la concentración de PCDD/F + PCB DL en pescado y marisco. 2000 - 2005.....	70
Figura 21 Proporción de HAP8 carcinógenos y no carcinógenos en los grupos de alimentos.....	74
Figura 22 Contribución del tipo de alimento a la ingesta de HAP totales.....	75
Figura 23 Contribución del tipo de alimento a la ingesta de HAP8	75
Figura 24 Contribución del tipo de alimento a la ingesta de B(a)p	76
Figura 25 Comparación de las concentraciones medias de HAP total. 2000 - 2005.	79
Figura 26 Comparación de las concentraciones medias de HAP8. 2000 - 2005.....	80
Figura 27 Comparación de las concentraciones medias de B(a)p. 2000 - 2005.	80
Figura 28 Aportación porcentual de los grupos de alimentos a la ingesta diaria de HCB	84
Figura 29 Concentración media de HCB en alimentos. Comparación 2000 - 2005.....	87
Figura 30 Concentración media de HCB en alimentos. Comparación 2000 - 2005.....	87
Figura 31 Aportación porcentual de los grupos de alimentos a la ingesta diaria.	90
Figura 32 Concentración media de PBDE en alimentos. Comparación 2000 - 2005.....	92
Figura 33 Contribución de los grupos de alimentos a la ingesta diaria de PCDE.....	96
Figura 34 Variación en la concentración media de PCDE en alimentos. Comparación 2000 - 2005.	98
Figura 35 Contribución de los grupos de alimentos a la ingesta diaria de PCN.	102
Figura 36 Variación de la concentración media de PCN en alimentos. Comparación 2000 - 2005.	104
Figura 37 Variación de la concentración media de PCN en aceites y grasas. Comparación 2000 - 2005.....	104

